

**PENGARUH PENAMBAHAN MERKAPTOBENZOTIAZOL
(MBT) TERHADAP KEMAMPUAN ADSORPSI SILIKA GEL
DARI ABU *BAGASSE* PADA ION LOGAM
KADMIUM(II)**

SKRIPSI

Diajukan kepada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta Guna
Memperoleh Gelar Sarjana
Sains Bidang Kimia



**Disusun Oleh :
Nina Meilina
06307141014**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2010**

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi ini Telah Memenuhi Persyaratan
dan Siap untuk Diuji

Disetujui Pada Tanggal
27 September 2010

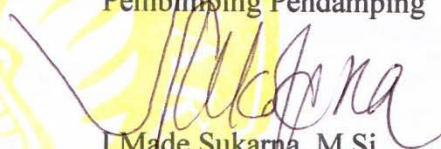
Menyetujui

Pembimbing Utama



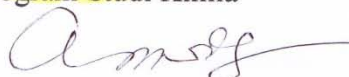
Regina Tutik Padmaningrum, M.Si
NIP. 19650911 199101 2 001

Pembimbing Pendamping



I Made Sukarna, M.Si
NIP. 19530901 198601 1 001

Koordinator Tugas Akhir Skripsi
Program Studi Kimia



Endang Dwi Siswani, M.T
NIP. 19541120 198702 2 001

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN MERKAPTOBENZOTIAZOL(MBT) TERHADAP KEMAMPUAN ADSORPSI SILIKA GEL DARI ABU *BAGASSE* PADA ION LOGAM KADMIUM(II).

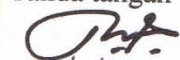

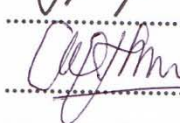
Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
NINA MEILINA
06307141014

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
pada tanggal Oktober 2010 dan dinyatakan
telah memenuhi syarat guna memperoleh
gelar Sarjana Sains
Bidang Kimia

Susunan Tim Penguji


Ketua Penguji	Nama Penguji : Regina Tutik Padmaningrum, M.Si NIP. 19650911 199101 2 001
Sekretaris	: I Made Sukarna, M.Si NIP. 19530901 198601 1 001
Penguji Utama	: Siti Marwati, M.Si NIP. 19770103 200604 2 001
Penguji Pendamping	: Agus Salim, M.Si NIP. 19610803 198803 1 001

Tanda tangan


.....

.....

.....

Yogyakarta, Oktober 2010
Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan


Dr. Ariswan
NIP. 19590914 198803 1 003

HALAMAN PERYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini saya:

Nama : Nina Meilina

Nim : 06307141014

Prodi : Kimia

Fakultas : FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Judul Penelitian: Pengaruh Penambahan Merkaptobenzotiazol (MBT)

terhadap Kemampuan Adsorpsi Silika Gel dari Abu *Bagasse*
pada Ion Logam Kadmium(II).

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada Universitas atau instansi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang telah dinyatakan dalam teks.

Yogyakarta, Oktober 2010

Yang menyatakan



Nina Meilina
06307141014

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini ananda persembahkan untuk ayahanda (Tusrimin, A.Md) dan ibunda (Robingatun) tercinta yang selalu penuh kesabaran dan kasih sayang membesarkan, mendidik, mengarahkan dan membimbing agar ananda bisa menjadi orang yang berguna, maafkan ananda tidak bisa membanggakan dengan IP tinggi dan memberikan yang terbaik untuk ayah dan ibu tersayang.

Adikku tersayang Agus Zainal Sri Saputra dan Erly Yulita Sari yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan kuliah ini. Buat yang ada dihatiku, terimakasih atas semua motivasi yang telah diberikan sampai terselesaikan skripsi ini. Untuk keluarga yang di Batur, Gunung Kidul dan di Gamplong, Sleman Yogyakarta yang selalu memberi semangat dan semua keluargaku yang ada di Purbolinggo LAMPUNG TIMUR yang selalu membantu dan mendukung selama saya kuliah di Jogja,,,,,

Terimakasih Buat temen-temen penelitian Franz, Fajar, Ririn, dan Dona yang telah bekerja sama selama melakukan penelitian. Buat temen-temen terbaikku di **Kimia R'06** (Titis, Dian K, yeSSi, tyaSS, Rosi, Bunda Galuh, Nunung, Kiki, Dheva, Rita, Dheni, Dian R, Diah, Lisna, Dika, Ambar, Sari, Tanjung, Ulfi, Karin, Rofi, Sofia, mabs, Indah, Johan, Arif A, Arif H, Radit, Aris, Bayu, Irma, Apri, Ahmad, Rohmad, Adit, Dhanis, Annisa, Trias dll..

Buat temen-temen dari Lampung yang kuliah Di Yogyakarta (Yahya, Ferdi, Abdu, Bernad, Leo, Tri, Suci, Susi, Maya, Tina, Anggi, Cahya, Terimakasih buat temen-temen koz IZZATUNISA (Bicik, Mb Roh, Mb Sir, Mb Mila, Mb Nurul, Mb Wah, Mb Kristin, Mb Ria, Lia dan Manda. Buat temen-temen Pendidikan Kimia '06 (Arum, Ani, Neli, Anis, Ulfi, Retno, Nanda dll. Buat temen-temen KKN 50 Keringan Lor (Rani, Atin, Ryo, Dyah, Jingga, Damar, Anista).

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Pengaruh Penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap kemampuan adsorpsi silika gel dari abu *bagasse* pada ion logam kadmium(II).

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan dan bantuan serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ariswan selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Suyanta selaku Ketua Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Ibu Susila Kristianingrum, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Ibu Endang Dwi Siswani, M.T selaku Ketua Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, koordinator tugas akhir skripsi.
5. Ibu Regina Tutik Padmaningrum, M.Si selaku dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dorongan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
6. Bapak I Made Sukarna, M.Si selaku dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dorongan hingga selesainya penulisan skripsi ini.

7. Ibu Siti Marwati, M.Si selaku dosen penguji utama, terima kasih atas pertanyaan, saran dan masukkanya.
8. Bapak Agus Salim, M.Si selaku dosen penguji pendamping, terima kasih atas pertanyaan, saran dan masukkanya.
9. Bapak Karim Theresih, S.U selaku penasehat akademik, terima kasih atas nasehat-nasehat selama kuliah di Universitas Negeri Yogyakarta.
10. Bapak dan Ibu Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
11. Laboran laboratorium kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih telah mendukung hingga selesaikanya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari adanya keterbatasan kemampuan, pengetahuan dan pengalaman sehingga dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Yogyakarta, Oktober 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Perumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Kegunaan Penelitian	6

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Abu <i>Bagasse</i>	7
2. Silika Gel.....	8
3. Merkaptobenzotiazol	13
4. Proses Sol Gel	14
5. Adsorpsi	16
6. Kadmium	18
7. Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	20
8. Spektroskopi Inframerah.....	21
B. Penelitian yang Relevan	23
C. Kerangka Berfikir	26

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Subjek dan Objek Penelitian	28
B. Variabel Penelitian.....	28
C. Alat dan Bahan Penelitian	28
D. Prosedur Penelitian	29
E. Teknik Pengumpulan Data	34
F. Teknik Analisis Data.....	34

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	35
B. Pembahasan.....	40

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan..... 52

B. Saran 53

DAFTAR PUSTAKA 54

LAMPIRAN..... 57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu <i>Bagasse</i>	8
Tabel 2. Klasifikasi Asam Basa Keras dan Lunak.....	17
Tabel 3. Kode Silika Gel.....	32
Tabel 4. Data Konsentrasi (X) dan Absorbansi (Y).....	37
Tabel 5. Efektifitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam Cd(II).....	39
Tabel 6. Daftar Bilangan Gelombang pada masing-masing Silika Gel	49
Tabel 7. Statistik Dasar Penentuan Persamaan Garis Regresi linear larutan standar Cd(II).....	62
Tabel 8. Nilai F pada taraf 5% dan 1%.....	71
Tabel 9. Nilai R pada taraf 5 % dan 1 %.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Stuktur Silika Gel dengan beberapa tipe ikatan.....	8
Gambar 2. Kelarutan Silika Gel sebagai Fungsi pH.....	10
Gambar 3. Tipe –OH pada Permukaan Silika Gel	11
Gambar 4. Polimerisasi Asam Silikat.....	12
Gambar 5. Senyawa Merkaptobenzotiazol.....	14
Gambar 6. Spektra Infra-Merah Silika Gel Kiesel-60, silika gel tanpa penambahan MBT dan Silika Gel yang ditambah MBT.....	36
Gambar 7. Kurva Kalibrasi Larutan Standar.....	38
Gambar 8. Mekanisme reaksi Pembuatan Natrium Silikat	41
Gambar 9. Peningkatan efektifitas adsorpsi ion logam Cd(II).....	45
Gambar 10. Resonansi Merkaptobenzotiazol.....	45
Gambar 11. Pembentukan Silika Gel	46

DAFTAR LAMPIRAN

1.1 Spektra Infra-Merah Kiesel Gel.....	57
1.2 Spektra Infra-Merah Silika Gel Tanpa MBT (STM).....	58
1.3 Spektra Infra-Merah Silika Gel dengan Penambahan MBT 0,01 M (SM-1)....	59
1.4 Spektra Infra-Merah Silika Gel dengan Penambahan MBT 0,04 M (SM-4)....	60
1.5 Spektra Infra-Merah Silika Gel dengan Penambahan MBT 0,07 M (SM-7)....	61
2.1 Perhitungan Persamaan Garis Regresi dan Uji Signifikansi Garis Regresi.....	62
2.2 Penentuan Signifikansi Korelasi Konsentrasi Larutan Standar Cd(II) dan Absorbansi.....	63
2.3 Perhitungan Persamaan Garis Regresi Linear Larutan Standar Cd(II).....	64
2.4 Perhitungan Konsentrasi Cd(II) yang Tak Teradsorpsi (Konsentrasi Cd(II) Akhir).....	67
2.5 Perhitungan Konsentrasi Cd(II) yang Teradsorpsi.....	68
2.6 Perhitungan Efektifitas adsorpsi Silika Gel Abu <i>Bagasse</i>	69
3.1 Skema Prosedur Penelitian Pengabuan dan Pencucian.....	72
3.2 Preparasi Larutan Natrium Silikat (Na_2SiO_3).....	73
3.3 Pembuatan Silika Gel tanpa MBT.....	73
3.4 Pembuatan Silika Gel dengan MBT.....	74
3.5 Karakter Silika Gel dengan Alat FTIR.....	74
3.6 Uji Adsorpsi Ion Logam Cd(II) Tanpa MBT.....	75
3.7 Uji Adsorpsi Ion Logam Cd(II) dengan MBT.....	77

**PENGARUH PENAMBAHAN MERKAPTOBENZOTIAZOL (MBT)
TERHADAP KEMAMPUAN ADSORPSI SILIKA GEL DARI
ABU BAGASSE PADA ION LOGAM KADMIUM (II)**

Oleh:
Nina Meilina
NIM: 06307141014

Pembimbing Utama : Regina Tutik Padmaningrum, M.Si
Pembimbing Pendamping : I Made Sukarna, M.Si

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter gugus fungsi silika gel setelah penambahan merkaptobenzotiazol (MBT), mengetahui pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) pada efektifitas adsorpsi silika gel terhadap Cd(II), dan mengetahui pengaruh konsentrasi merkaptobenzotiazol (MBT) pada efektifitas adsorpsi silika gel terhadap Cd(II).

Subjek dari penelitian ini adalah pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol pada sintesis silika gel dari abu *bagasse* terhadap kemampuan adsorpsi. Objek dari penelitian ini adalah kemampuan adsorpsi silika gel dari abu *bagasse* terhadap ion logam Cd(II). Proses penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pembuatan natrium silikat, pembentukan silika gel dan adsorpsi terhadap Cd(II). Untuk mengetahui seberapa banyak Cd(II) teradsorpsi dengan menggunakan SSA dan untuk mengidentifikasi gugus silanol, siloksan, SH dari MBT, dan gugus-gugus lain yang terikat pada silika gel digunakan spektrofotometer infra-merah (FTIR)

Karakter gugus fungsi silika gel setelah penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) dengan spektrofotometri inframerah menunjukkan kemiripan dengan *kiesel gel-60G* dan berbeda pada serapan gugus -SH pada bilangan gelombang 2684,91 cm^{-1} . Efektifitas adsorpsi silika gel terhadap Cd(II) dipengaruhi oleh penambahan merkaptobenzotiazol. Semakin besar konsentrasi merkaptobenzotiazol maka semakin besar efektifitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam Cd(II).

Kata kunci: Merkaptobenzotiazol; adsorpsi silika gel; Abu bagasse; ion kadmium

**ADDITION EFFECT OF MERCAPTOBENZOTHAZOLE (MBT) TO THE
ABILITY ADSORPTION OF SILICA GEL FROM
BAGASSE ASH TO ION CADMIUM**

By:
Nina Meilina
NIM: 06307141014

Supervisor : Regina Tutik Padmaningrum, M.Si
Co-Supervisor : I Made Sukarna, M.Si

ABSTRACT

The objectives of this research are to know functional group character of silica gel after adding mercaptobenzothiazole (MBT), to know the effect of adding merkaptobenzotiazol (MBT) in the effectiveness of silica gel adsorption of Cd(II), and to know the effect of mercaptobenzothiazole (MBT) concentration in the effectiveness of silica gel adsorption of Cd(II).

The subject of this research is the effect of adding mercaptobenzothiazole (MBT) in the silica gel synthesis of *bagasse* ashes to the adsorption ability. The object of this research is the adsorption ability of silica gel of *bagasse* ashes to the cadmium ion. This process research were run with some steps, that were the sodium silicate preparation and silica gel formation and adsorption of cadmium. It uses SSA to know the amount of adsorbed Cd(II), and it uses infra-red spectrophotometry (FTIR) to identify silanol, siloxane, SH of mercaptobenzothiazole MBT, and another groups bounded to silica gel.

The character of silica gel functional groups after adding mercaptobenzothiazole (MBT) using infra-red spectrophotometry showed similarities with kiesel gel-60G and differences in adsorpstion of –SH group at wave number $2684,91\text{ cm}^{-1}$. The effectiveness of silica gel adsorption to Cd(II) influenced by the addition of mercaptobenzothiazol (MBT). The greater concentration of mercaptobenzothiazole (MBT), the greater effectiveness of silica gel adsorption to Cd(II).

Keywords: mercaptobenzothiazole; adsorption of silica gel; bagasse ash; ion cadmium.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan gula pasir di Indonesia meningkat pesat dengan kenaikan pertambahan penduduk dan pendapatan per kapita per tahun. Pada dasarnya produksi gula pasir nasional mengalami peningkatan, yaitu dari 713.350 ton pada tahun 1970 menjadi 2.047.376 ton pada tahun 1989 (Sugito, 1992: 3-4). Proses pengolahan tebu menjadi gula tersebut akan dihasilkan *bagasse* 30 % - 40 %.

Pada tahun 1987 pabrik gula di Indonesia mampu menggiling sekitar 172.210 ton. Hal ini berarti *bagasse* yang dihasilkan sebesar 51.663 ton per hari. Pada tahun 1992 *bagasse* yang dihasilkan dari industri gula di seluruh dunia sekitar 610 juta ton, dan akan terus meningkat seiring peningkatan produksi tebu. *Bagasse* yang dihasilkan pada proses setelah penggilingan tebu menjadi gula mengandung 45 % selulosa, 32 % pentosa, 18 % lignin, dan 5 % komponen penyusun lainnya (Hardi, 2003:3-6). Dengan demikian unsur – unsur kimia penyusun yang terdapat dalam *bagasse* terdiri dari 48 % karbon, 6,5 % hidrogen, 44 % oksigen dan 2,5 % abu. Dalam pembakaran biasanya *bagasse* menghasilkan 7,4 % abu dengan silika (SiO_2) sebagai komponen utamanya yaitu sekitar 73,5 % dan unsur – unsur minor lainnya dalam bentuk oksida logam (Hardi, 2003:8-9). Menurut Paturau yang dikutip Heru Setyawan (2006:4), dalam pembakaran *bagasse* biasanya menghasilkan 0,3 % abu dengan silika (SiO_2) sebagai penyusun utamanya yaitu 73,5 % dan unsur-unsur minor lainnya dalam bentuk oksida logam. Sampai saat ini, arang *bagasse* yang dihasilkan

ketel uap pabrik gula di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagai contoh, arang *bagasse* yang dihasilkan ketel uap pabrik gula Madukismo Yogyakarta telah dimanfaatkan sebagai pupuk kompos karena mengandung potasium dan pospor tetapi pabrik gula masih mengalami kelebihan arang *bagasse* yang dikeluhkan masyarakat sekitar karena menjadi penyebab polusi udara. Oleh karena itu diperlukan adanya pengembangan pemanfaatan limbah arang ketel uap menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat.

Pada penelitian ini, arang *bagasse* akan dimanfaatkan untuk mengatasi semakin banyaknya limbah logam berat terutama kadmium (Cd) di lingkungan yang diperlukan suatu metode yang dapat mengurangi jumlah atau kadar ion logam yang terlarut dalam limbah sebelum dilepaskan di lingkungan. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan silika gel dari arang *bagasse* yang dihasilkan ketel uap Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta.

Proses sintesis silika gel dari abu *bagasse* dilakukan beberapa tahap, yaitu proses pengabuan arang *bagasse* dan sintesis silika gel. Pada proses pengabuan arang *bagasse*, temperatur pengabuan sangat berpengaruh terhadap tingkat kekristalan abu *bagasse* yang dihasilkan. Abu yang baik adalah abu yang mempunyai struktur amorf. Akan tetapi dalam abu yang dihasilkan masih terdapat kandungan senyawa pengotor selain silika yang dapat mempengaruhi kemurnian silika gel hasil sintesis yang akan mempengaruhi sifat adsorpsi permukaan silika gel tersebut. Untuk menurunkan kandungan senyawa pengotor tersebut maka dilakukan pencucian terhadap abu *bagasse* yang dihasilkan, pencucian dilakukan dibawah kondisi asam. Proses sintesis

silika gel meliputi empat proses, yaitu pembentukan natrium silikat hasil reaksi silika dalam abu *bagasse* dengan alkali yang mengandung natrium melalui proses peleburan pada temperatur tinggi (di atas titik lebur alkali yang digunakan), reaksi pembentukan hidrosol hasil reaksi natrium silikat dengan asam, Pada proses pengendapan ini konsentrasi dari keasaman sangat berpengaruh terhadap reaksi pembentukan silika hidrogel dan pemanasan silika hidrogel menjadi serogel (silika gel kering).

Pada penelitian ini dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap kemampuan adsorpsi silika gel dari abu *bagasse* pada ion logam kadmium. Kelebihan merkaptobenzotiazol adalah sebagai bahan impregnan juga dilatarbelakangi dengan karakternya yang lebih menyukai ikatan dengan suatu asam lunak. Berdasarkan konsep penggolongannya asam basa keras dan lunak, asam keras adalah ion-ion logam yang berukuran kecil namun bermuatan positif besar dan elektron valensinya tidak mudah terpengaruh oleh ion luar, asam lunak adalah ion-ion logam yang berukuran besar dan bermuatan kecil, elektron terluarnya mudah terpengaruh oleh anion lain, basa keras adalah ligan-ligan dengan atom yang sangat elektronegatif dan berukuran kecil, basa lunak adalah ligan-ligan atom yang elektron valensinya mudah terpolarisasi akibat pengaruh ion luar. Gugus SH pada MBT termasuk basa lunak karena memiliki ukuran relatif besar dan mudah terpolarisasi. Menurut aturan HSAB (*Hard Soft Acid and Base*), suatu spesies yang berfungsi sebagai basa lunak akan berikatan dengan asam lunak. Berdasarkan itu, gugus -SH yang diikatkan pada silika gel diharapkan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi asam lunak Cd(II).

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut :

1. Jenis arang *bagasse* yang digunakan.
2. Metode yang digunakan pada sintesis silika gel.
3. Temperatur dan waktu pengabuan yang akan digunakan.
4. Jenis asam yang digunakan sebagai pemberi suasana asam.
5. Jenis senyawa yang digunakan sebagai pemodifikasi silika gel.
6. Jenis alkali yang digunakan sebagai bahan pelebur abu.
7. Konsentrasi senyawa yang akan digunakan sebagai variasi zat pemodifikasi.

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dalam penelitian ini masalah dibatasi dalam hal sebagai berikut :

1. Arang *bagasse* yang digunakan berasal dari ampas tebu Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta.
2. Metode yang digunakan pada sintesis silika gel adalah metode sol gel.
3. Temperatur dan waktu pada saat pengabuan yang digunakan adalah 700°C dan 4 jam.
4. Asam yang digunakan sebagai pemberi suasana asam adalah asam klorida.
5. Senyawa yang digunakan untuk pemodifikasi silika gel adalah merkaptobenzotiazol.

6. Alkali pelebur yang digunakan adalah NaOH.
7. Variasi konsentrasi merkaptobenzotiazol yang akan digunakan adalah 0,01; 0,04 dan 0,07 M.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakter gugus fungsi silika gel setelah penambahan merkaptobenzotiazol?
2. Bagaimanakah pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) pada sintesis silika gel terhadap efektifitas adsorpsi ion logam Cd(II)?
3. Bagaimanakah pengaruh variasi konsentrasi merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap efektifitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam Cd(II)?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Mengetahui karakter gugus fungsi silika gel setelah penambahan merkaptobenzotiazol (MBT).
2. Mengetahui pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) pada efektifitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam Cd(II).
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi merkaptobenzotiazol (MBT) pada efektifitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam Cd(II).

F. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan harapan dapat memberikan nilai guna antara lain :

1. Memberikan pengetahuan tentang pemanfaatan arang *bagasse* dari limbah industri gula.
2. Memberikan pengetahuan tentang cara pembuatan silika gel sederhana.
3. Meningkatkan nilai fungsi, manfaat serta nilai ekonomi dari abu *bagasse* dengan menghasilkan silika gel sebagai adsorben ion logam.
4. Menambah khasanah keilmuan dan dapat dijadikan sebagai bahan pustaka dalam pengembangan metode sintesis silika gel.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Abu *Bagasse*

Ampas tebu (*bagasse*) yang dihasilkan dalam proses pengolahan tebu sebanyak ± 30 %. Ampas tebu terdiri atas air (44,5 %), sabut (52,0 %) dan brix (zat padat atau gula yang dapat larut) (3,5 %). Sabut penyusun ampas tebu tersebut mengandung 45 % selulosa, 32 % pentosa, 18 % lignin dan 5 % komponen penyusun yang lain (Hardi, 2003: 8-9). Ampas tebu biasanya dimanfaatkan kembali untuk bahan bakar ketel uap (pesawat untuk memproduksi uap dengan jumlah tertentu setiap jamnya pada tekanan dan suhu tertentu) dimana energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap yang digunakan dalam proses produksi. Proses pembakaran *bagasse* berlangsung pada *grate* (pengapian) dan *furnace* (ruang pembakaran). *Bagasse* yang akan diproses dijatuhkan ke corong kemudian ke *grate*, dalam *grate* inilah terjadi beberapa proses yang meliputi proses pengeringan, proses pembentukan karbon dan proses pembakaran sehingga dihasilkan arang *bagasse* (Hardi, 2003:6)

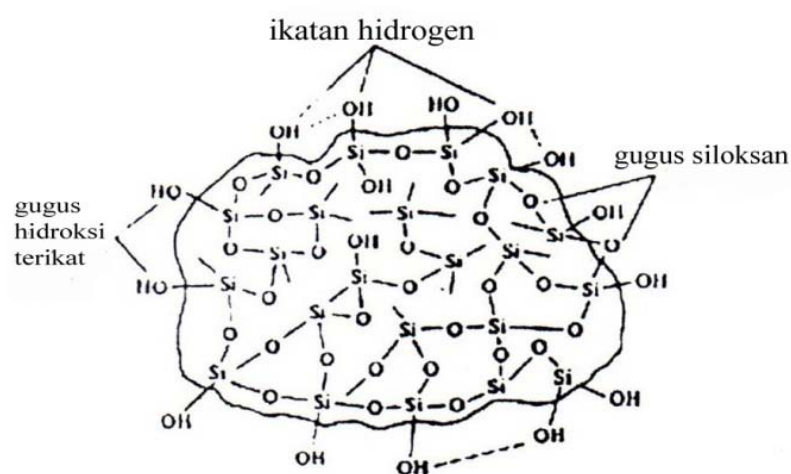
Menurut Paturau dalam Setyawan (2006:4), dalam pembakarannya biasanya *bagasse* menghasilkan abu sebanyak 0,3 % dari berat tebu. Komposisi kimia abu *bagasse* tersaji pada Tabel 1. Komponen utama penyusunnya adalah silika (SiO_2) yaitu 73,5 %. Jumlah silika (SiO_2) yang terkandung dalam abu *bagasse* menjadikan abu *bagasse* berpotensi sebagai salah satu bahan baku untuk pembuatan silika gel.

Tabel 1. Komposisi kimia abu *bagasse* (Paturau dalam Setyawan, 2006:4).

Komponen	Komposisi (%)
SiO ₂	73,5
Al ₂ O ₃	7,6
Fe ₂ O ₃	2,7
CaO	3,0
MgO	2,6
K ₂ O	7,1
P ₂ O ₅	1,7

2. Silika Gel

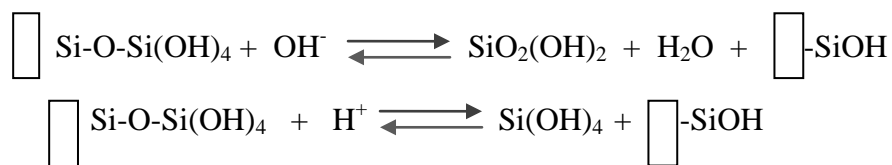
Silika gel merupakan silika amorf yang terdiri dari globula-globula SiO₄ tetrahedral yang tersusun secara tidak beraturan dan beragregasi membentuk kerangka tiga dimensi. Rumus kimia silika gel secara umum adalah SiO₂.xH₂O. Struktur satuan mineral silika pada dasarnya mengandung kation Si⁴⁺ yang terkoordinasi secara tetrahedral dengan anion O²⁻, namun susunan SiO₄ pada silika gel tidak beraturan seperti Gambar 1. Susunan ini terbentuk karena kondensasi asam ortosilikat atau monosilikat. Silika yang larut pada umumnya ditulis sebagai H₄SiO₄, Si(OH)₄ atau SiO₂.(OH)₂ (Oscik, 1982:88) seperti Gambar 1.



Gambar 1. Struktur silika gel dengan beberapa tipe ikatan.

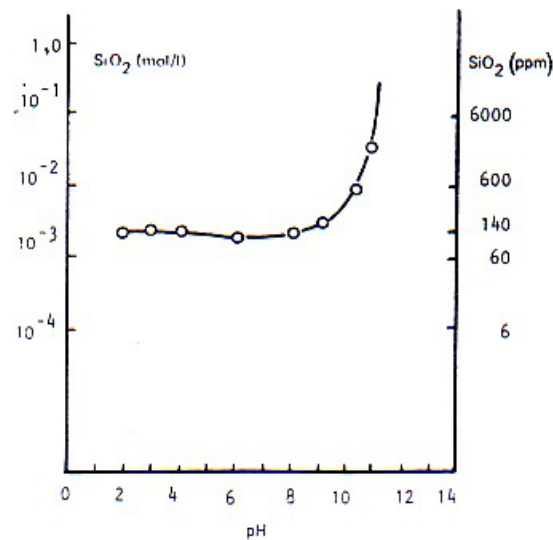
Pada permukaan silika gel terdapat 2 jenis gugus yaitu gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Gugus silanol relatif lebih berperan dalam interaksi dengan ion-ion logam dibanding gugus siloksan. Matriks dari partikel silika gel primer adalah inti yang terdiri dari atom silikon lain oleh adanya atom oksigen dengan ikatan siloksan Si-O-Si, sehingga pada tiap permukaan primer terdapat permukaan gugus -OH yang tidak terkondensasi yang berasal dari monomer asam silikat. Gugus -OH yang kemudian dikenal dengan gugus silanol inilah yang memberikan sifat polar pada silika gel dan merupakan sisi aktif dari silika. Silika gel mempunyai keaktifan adsorpsi pada permukaannya. Permukaan silika gel relatif bersifat netral (pH = 5-6) (Majors, 1989 : 698).

Harga pH larutan pada silika gel dapat mempengaruhi keadaan muatan listrik permukaan silika gel. Umumnya pada keadaan lingkungan asam, silika gel mempunyai muatan positif sedangkan pada keadaan lingkungan basa mempunyai muatan negatif. Pada pH 2-9 silika gel mempunyai kelarutan rendah yaitu hanya 100-140 mg/l dan kelarutannya akan meningkat drastis pada pH lebih besar 9. Pada pH lebih besar dari 9 silika gel dapat larut menurut reaksi :



Secara umum kelarutan silika pada berbagai pH dapat dilihat pada Gambar

2.



Gambar 2. Kelarutan silika gel dalam air sebagai fungsi pH(Tan,1982:234)

Mekanisme pelarutan silika gel pada kondisi basa dipacu oleh bentuk koordinasi -OH pada atom Si. Keberadaan atom Si dengan bilangan koordinasi lebih dari 4 menyebabkan melemahnya ikatan siloksan yang berada di dekatnya, sehingga ikatan SiO pada tempat ini akan mudah putus. Ikatan siloksan di dekatnya kemudian terhidrolisis menjadi silanol. Sifat silika gel ditentukan oleh orientasi di ujung tempat gugus hidroksil berkombinasi. Ketidakteraturan susunan permukaan SiO_4 tetrahedral menyebabkan jumlah distribusinya perunit area bukan menjadi ukuran kemampuan adsorpsi silika gel walaupun gugus silanol dan siloksan terdapat pada permukaan silika gel.

Menurut Oscik (1981:187), kemampuan adsorpsi silika gel ternyata tidak sebanding dengan jumlah gugus silanol dan siloksan yang ada pada permukaan silika gel namun tergantung pada distribusi gugus -OH perunit area adsorben.

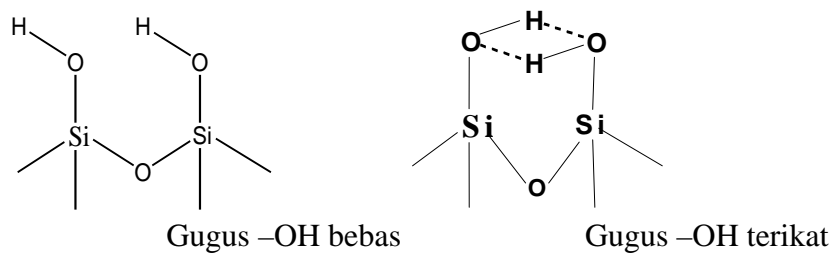
Menurut Oscik (1982:188), pada permukaan silika gel terdapat dua jenis gugus hidroksil (-OH), yaitu seperti pada Gambar 3:

1. Gugus -OH bebas, disebut tipe A.

Jarak gugus -OH dengan -OH lainnya 0,50 -0,52 nm

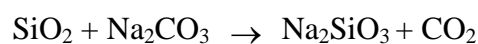
2. Gugus -OH terikat, disebut tipe B.

Jarak antara gugus -OH dengan gugus -OH lainnya: 0,25 – 0,26 nm dan dapat berinteraksi melalui ikatan hidrogen.

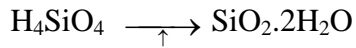
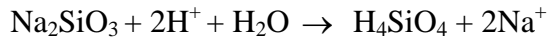
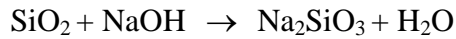


Gambar 3. Tipe -OH pada permukaan silika gel

Silika gel merupakan padatan yang terdiri atas SiO_4 dengan bentuk struktur tetrahedral. Silika gel tersusun dalam kisi ruang tidak beraturan dan bergabung membentuk agregat dengan kerangka tiga dimensi yang lebih besar. Porositas silika dipengaruhi oleh kondisi pembuatannya, sedangkan sifat adsorpsi silika gel tergantung pada arah atau orientasi permukaan tetrahedral SiO_4 tempat terikatnya gugus hidroksil. Silika (SiO_2) dapat bereaksi dengan basa natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) membentuk natrium silikat (Na_2SiO_3) yang larut dalam air. Pengasaman larutan natrium silikat akan mengendapkan asam silikat (H_4SiO_4) yang dapat dihidrasi sehingga menghasilkan silika gel ($\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut :



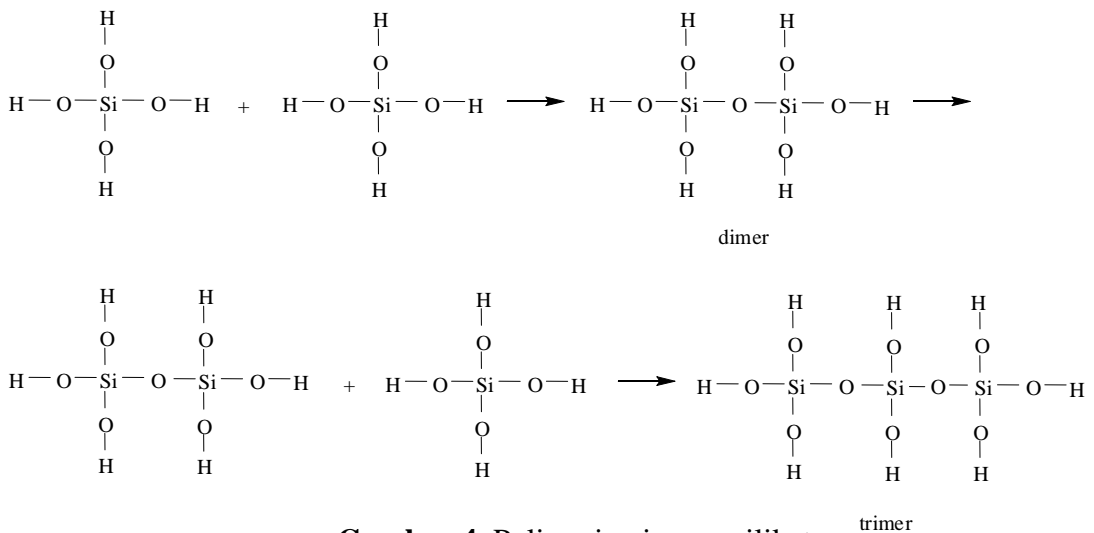
atau



Silika gel dapat dibuat dengan cara mengendapkan larutan silikat dengan menambahkan asam, mineral atau zat koagulan. Menurut Scott (1993: 2-3), silika gel dibuat melalui mekanisme reaksi dehidrasi asam silikat. Tahap awal dalam sintesis silika dari natrium silikat adalah pengasaman natrium silikat dengan asam klorida. Pada tahap ini akan dibebaskan asam silikat dari natrium silikat. Reaksi pembebasan asam silikat sebagai berikut :



Asam silikat yang terbentuk mudah mengalami polimerisasi membentuk poli asam silikat melalui tahapan polimerisasi kondensasi membentuk dimer, trimer dan seterusnya sehingga membentuk bola-bola pertikel (partikel silika primer) seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Polimerisasi asam silikat

Sampai pada suatu ukuran tertentu, gugus silanol pada permukaan partikel bola polimer yang berdekatan akan mengalami kondensasi disertai pelepasan air sampai terbentuk gel. Gel yang terbentuk dikenal dengan sebutan *alkogel*. *Alkogel* merupakan gel yang bersifat lunak dan tidak kaku.

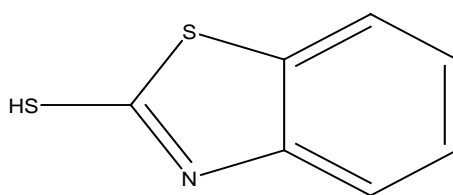
Alkogel yang terbentuk kemudian didiamkan (*aging*) beberapa hari. Pada tahap ini, kondensasi antara bola-bola polimer terus berlangsung dan akan mengalami penyusutan volume *alkogel*. Penyusutan akibat kondensasi lanjut diikuti dengan berlangsungnya eliminasi larutan garam. Tahapan ini dikenal dengan sebutan *sinerisis*. Tahap *sinerisis* pada umumnya menghasilkan *hidrogel*, yaitu gel dengan sifat hampir kaku dan kokoh.

3. Merkaptobenzotiazol (MBT)

Merkaptobenzotiazol ($C_7H_5S_2N$) dapat digunakan untuk penyerapan logam, terutama tembaga, emas, berperan penting dalam proses penetralan larutan, dan juga bahan pelarut untuk melarutkan logam. Reagen ini tidak dapat larut dalam air, tetapi larut dalam etanol, benzena dan pelarut organik lainnya. Reagen ini dapat digunakan untuk prekonsentrasi selektif tembaga dan beberapa logam transisi karena mempunyai karakter adsorben yang selektif untuk ion logam tembaga dan mempunyai nilai tukar massa yang tinggi (Terada and Inamura, 1977;1060). Modifikasi silika gel dengan MBT ini sangat berpengaruh terhadap kemampuan silika untuk mengadsorbsi ion logam. Modifikasi MBT pada silika gel disebut MBTSG (merkaptobenzotiazol silika gel) (Qiaosheng and Sun, 1998;239).

Menurut Gomes dan Gong (1977:120) tingkat adsorpsi MBT sangat tinggi karena terjadi ikatan secara fisik dengan permukaan silika gel yang digunakan untuk adsorpsi ion logam. MBT selektif dalam prekonsentrasi pada penentuan tembaga dengan metode FAAS (*Flame Atomic Absorption Spectrophotometric*) menggunakan kapas dan *rhodanine* serat.

Merkaptobenzotiazol mempunyai rumus senyawa seperti pada Gambar 5:



Gambar 5. Senyawa Merkaptobenzotiazol ($C_7H_5S_2N$)

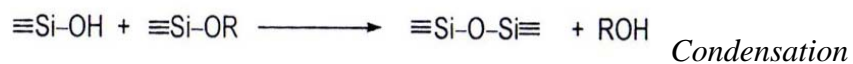
Pada pembuatan silika gel dengan penambahan MBT terjadi substitusi langsung terhadap gugus silanol pada silika gel. Substitusi MBT terhadap gugus silanol pada silika gel mengakibatkan adanya gugus aktif berupa gugus $-SH$ yang dapat berperan dalam proses adsorpsi. Gugus tiolat ($-SH$) merupakan basa lunak yang memiliki kemampuan untuk berikatan dengan suatu asam lunak (Choiril Azmiyawati, 2008:5).

4. Proses Sol - Gel

Proses sol – gel dapat digambarkan sebagai pembentukan suatu jaringan oksida melalui reaksi polikondensasi yang progresif dari molekul prekursor dalam medium cair (Schubert dan Husing, 2000:192). Proses ini meliputi transisi sistem dari fasa larutan sol menjadi fasa padat gel yang berlangsung pada temperatur rendah. Proses sol – gel merupakan proses larutan serbaguna yang awalnya digunakan dalam pembuatan material anorganik seperti gelas, keramik, fiber, dan

bahan komposit lain dengan kemurnian dan homogenitas tinggi serta tahan pada temperatur tinggi. Proses ini meliputi transisi sistem dari fasa sol menjadi gel. Sol merupakan suatu jenis koloid dengan partikel – partikel padat terdispersi dalam suatu cairan. Molekul prekursor yang biasa digunakan dalam proses sol-gel untuk pembuatan silika gel adalah senyawa silikon alkoksida seperti Tetrametil Ortosilikat (TMOS) atau Tetraetil Ortosilikat (TEOS). TMOS atau TEOS akan terhidrolisis dengan penambahan sejumlah pelarut organik seperti metanol atau etanol, membentuk gugus silanol (Si-OH) sehingga terbentuk intermediet. Gugus silanol ini kemudian terkondensasi membentuk gugus siloksan (Si-O-Si). Reaksi hidrolisis dan kondensasi tersebut berlanjut sehingga viskositas larutan meningkat dan terbentuk gel (Brinker dan Scherer, 1990:112).

Secara umum proses sol-gel dapat dibagi menjadi beberapa tahap yang meliputi pembentukan larutan, pembentukan gel, pengeringan, dan pemadatan (Schubert and Husing, 2000:201). Reaksi kimia yang menyertai proses sol-gel dapat digambarkan sebagai berikut:



Prinsip dasar dari proses sol-gel yaitu perubahan atau transformasi dari spesies Si-OH menjadi siloksan (Si-O-Si). Mekanisme reaksi dalam proses sol-gel dapat berbeda tergantung pada kondisi reaksinya dalam kondisi asam atau basa.

5. Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Absorpsi adalah masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Baik adsorpsi maupun absorpsi sebagai sorpsi terjadi pada tanah liat maupun padatan lainnya, namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi (Giyatmi, Zaenul Kamal, Damajati Melati : 2008).

Adsorpsi oleh adsorben dapat berjalan dengan mekanisme berturut-turut sebagai berikut:

- 1) Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
- 2) Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion*).
- 3) Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*proses pore diffusion*).
- 4) Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau pada permukaan adsorben (proses adsorpsi sesungguhnya).

Secara eksperimen, proses adsorpsi dari larutan relatif lebih sederhana dibandingkan adsorpsi dari fase gas, tetapi secara teoritis adsorpsi dari larutan lebih kompleks dibandingkan adsorpsi gas. Hal ini dikarenakan pada adsorpsi dari larutan selalu meliputi kompetisi antara zat terlarut dan pelarut atau antara komponen-komponen dalam larutan untuk berinteraksi dengan situs-situs aktif adsorpsi (Shaw, D.J, 1999 :169-170).

Situs-situs aktif pada permukaan adsorben dapat digolongkan sebagai ligan-ligan yang dapat mengikat ion-ion logam secara selektif. Pearson (1963) mengemukakan suatu prinsip yang disebut *Hard and Soft Acid Bases (HSAB)*. Ligan-ligan dengan atom yang sangat elektronegatif dan berukuran kecil merupakan basa keras (*hard*), sedangkan ligan-ligan dengan atom yang elektron terluarnya mudah terpolarisasi akibat pengaruh ion dari luar merupakan basa lunak (*soft*). Ion-ion logam yang berukuran kecil namun bermuatan positif besar, elektron terluarnya tidak mudah terpengaruh oleh ion dari luar, ini dikelompokkan ke dalam asam keras (*hard*), sedangkan ion-ion logam yang berukuran besar dan bermuatan kecil atau nol, elektron terluarnya mudah terpengaruh oleh ion lain dikelompokkan ke dalam asam lunak (*soft*). Asam keras akan berinteraksi dengan basa keras sedangkan asam lunak akan berinteraksi dengan basa lunak membentuk kompleks yang stabil. Interaksi antara asam keras dan basa keras merupakan interaksi ionik sedangkan interaksi asam lunak dengan basa lunak merupakan interaksi kovalen (Amun Amri, Supranto, M. Fahrurrozi 2004 :111-117). Klasifikasi asam basa keras dan lunak ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi asam basa keras dan lunak

	Keras	Perbatasan	Lunak
Asam	$H^+, Li^+, Na^+, K^+, Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+}, Ti^{4+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}, BF_3, Cl^{7+}$	$Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Sn^{2+}, Pb^{2+}, Sb^{3+}, Bi^{3+}$	$Cu^+, Ag^+, Au^+, Ti^+, Cd^{2+}, Hg^+, Hg^{2+}, Pd^{2+}, Pt^{2+}, Pt^{4+}$
Basa	$NH_3, H_2O, R_2O, F^-, OH^-, O^{2-}, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}$	$N_3^-, N_2, NO_2^-, Br^-, SO_3^{2-}$	$H^-, CN^-, R^-, I^-, PR_3, SR_2, CO$

Daya jerap suatu padatan terhadap ion logam dapat didefinisikan sebagai prosentase besarnya konsentrasi ion logam yang dapat dijerap oleh permukaan padatan. Secara matematis penentuan tingkat efisiensi penjerapan ion logam yang dapat dijerap oleh silika gel dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_p = (C_o - C_i / C_o) \times 100\%$$

Keterangan :

E_p : efisiensi penjerapan

C_o : konsentrasi ion logam mula-mula

C_i : konsentrasi ion logam setelah adsorpsi

6. Kadmium

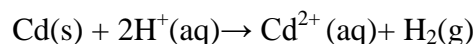
Kadmium (Cd) pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan yang bernama Friedric Strohmeyer pada tahun 1817. Kadmium (Cd) mempunyai nomor atom 48. Kadmium adalah logam transisi yang dijumpai sebagai senyawa misalnya greenokite (CdS). Wujudnya berupa kristal putih dan elastis. Kelarutannya pada 18⁰ C sebesar 5,17 gr/100 gr Hg. Kekerasannya sebesar 2 skala Mohs dengan ekivalen elektrokimia sebesar 2,097 gr/ jam ampere⁻¹ dan dapat larut dalam asam-asam mineral. Cd diperoleh dari bijih-bijih seng seperti ZnCO₃, ZnO, ZnS (M. Natsir Arsyad, 2001:151).

Penggunaan kadmium yang paling besar (75%) adalah dalam industri batu baterai (terutama baterai Ni-Cd). Selain itu logam ini juga dapat digunakan sebagai pigmen electroplating. Pembuatan alloys dengan titik lebur yang rendah, pengontrol reaksi pembelahan (reaksi fissi) pada reaksi nuklir. Dalam pigmen cat dengan membentuk beberapa garamnya seperti kadmium oksida (yang lebih

dikenal sebagai kadmium merah), semikonduktor stabilisator PVC, obat-obatan (seperti sipilis dan malaria), penambahan timah hitam dan bijih seng. Nama kadmium diambil dari nama latin "Cadmia" (<http://smk3ae.wordpress.com/2008/05/2/kadmium-cd-tinjauan-literatur/> diakses 23 Maret 2010).

Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena unsur ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Secara prinsip, pada konsentrasi rendah, Cd memberikan pengaruh terhadap paru-paru, menimbulkan *emphysema* dan *renal tubular disease* yang kronis. Jumlah normal kadmium di tanah berada di bawah 1 ppm tetapi angka tertinggi (1.700 ppm) dijumpai pada permukaan sampel tanah yang diambil didekat pertambangan bijih seng (Zn). Kadmium lebih mudah diakumulasi oleh tanaman dibandingkan dengan ion logam berat lainya seperti timbal. Logam berat ini bergabung bersama timbal dan merkuri sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia. Menurut badan kesehatan dunia FAO/WHO konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400-500 µg per orang atau 7 µg per Kg berat badan (<http://smk3ea.wordpress.com/2008/05/25/kadmium-cd-tinjauan-literatur/>; diakses tanggal 23 Maret 2010).

Reaksi kimia yang terjadi berkaitan dengan analisis kualitatif kadmium adalah logam kadmium melarut dengan lambat dalam asam encer dengan melepaskan hidrogen (disebabkan potensial elektrodanya yang negatif):



Kadmium membentuk ion bivalen yang tak berwarna. Kadmium klorida, nitrat dan sulfat larut dalam air; sulfidanya tak larut dan berwarna kuning (Vogel, 1990:235).

Berdasarkan harga K_{sp} Cd(OH)_2 sebesar $4,5 \times 10^{-15}$ dapat ditentukan secara teoritis pH dimana ion logam Cd(II) tepat akan mengendap yaitu pH 9,3. Berdasarkan aturan *Hard and Soft Acid and Based* (HSAB) (Saito, 2004:10) bahwa reaksi akan lebih mudah terjadi antara asam basa yang berinteraksi keras-keras dan lunak-lunak dibandingkan campuran asam basa keras-lunak dalam reaktan. Hal ini berarti interaksi akan lebih mudah apabila asam keras dengan basa keras dan asam lunak dengan basa lunak. Pada penelitian ini, merkaptobenzotiazol yang ditambahkan pada silika gel yang mengandung gugus basa lunak tiolat (-SH) sehingga diharapkan silika gel yang dihasilkan mampu mengadsorpsi asam lunak Cd(II) .

7. Analisis Kadmium dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) digunakan untuk mengetahui jumlah Cd(II) yang diadsorpsi silika gel. Metode yang digunakan pada SSA, sangat tepat untuk analisis logam pada sampel yang konsentrasinya rendah, yaitu dalam orde ppm. Prinsip kerja SSA adalah penyerapan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang maksimum oleh atom-atom logam. Kemampuan atom-atom logam menyerap radiasi elektromagnetik dinyatakan dalam besaran absorbansi (A). Absorbansi dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah atom-atom logam dalam sampel (konsentrasi) yaitu semakin besar konsentrasi logam dalam sampel, maka

absorbansinya juga semakin besar. Hubungan absorbansi (A) dengan konsentrasi (C), dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer yaitu $A = \log \frac{1}{T} = \epsilon \cdot b \cdot c$ dengan A adalah absorbansi, T adalah transmitansi, b adalah tebal kuvet (cm), ϵ adalah koefisien serapan molar, C adalah konsentrasi larutan.

Penentuan kadar Cd dalam sampel dilakukan dengan membuat larutan standar Cd(II) pada konsentrasi yang berbeda. Larutan standar itu berguna untuk membuat kurva kalibrasi standar. Kurva ini menunjukkan hubungan antara absorbansi (A) dengan konsentrasi larutan standar (C). Besarnya serapan berbanding lurus dengan konsentrasinya, sehingga bentuk kurva yang diperoleh adalah kurva linier, dengan persamaan $Y = aX + b$, dimana Y adalah absorbansi, X adalah konsentrasi, a adalah slope, b adalah intersep. Persamaan garis ini tidak melalui titik 0,0 karena kebisingan (noise) alat. Kondisi untuk penentuan Cd dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) dilakukan pada panjang gelombang maksimum 228,8 nm, tipe nyala AA (udara-asetilen), sensitifitasnya 0,011 $\mu\text{g/mL}$, batas deteksi alat 0,0007 $\mu\text{g/mL}$ (Khopkar S.M, 1990:279).

8. Spektroskopi Inframerah

Spektroskopi inframerah merupakan suatu metode untuk mengetahui gugus fungsional dari suatu molekul. Karakterisasi gel silika dengan spektrofotometri infra merah bertujuan untuk mengetahui adanya gugus silanol, siloksan, gugus SH dan gugus-gugus lain yang mendukung keberadaan MBT pada silika yang ditambah MBT dibandingkan dengan silika gel tanpa MBT dan gel silika *kiesel-60*. Silika memiliki daerah serapan di sekitar bilangan gelombang 4.000-200 cm^{-1} .

Pada gel silika yang ditambah MBT memiliki perbedaan dengan silika gel *kiesel-60* dan silika tanpa penambahan MBT, yaitu terdapatnya daerah serapan gugus tiolat (-SH). Hal ini mengindikasikan bahwa MBT dapat terikat pada gel silika dari MBT dapat terikat pada gel silika meskipun hanya terikat secara fisik. Keberadaan gugus tiolat (-SH) dari MBT terlihat pada daerah serapan sekitar 2.600 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ulur gugus -SH, namun serapannya lemah dan lebih lemah dari gugus -OH. Hal ini mendukung bahwa MBT dapat terikat pada gel silika adalah adanya daerah serapan sekitar $2800\text{-}2900\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur C-H, daerah serapan $1851,66\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan *overtone* atau kombinasi vibrasi senyawa organik, dan SiO_2 serta daerah serapan sekitar $2000\text{-}2276\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur ikatan rangkap terkumpul -N=C=S (Azmiyawati, 2009: 7-10). Gugus -SH menghasilkan pita serapan yang lemah pada spektra inframerah, lebih lemah dari gugus -OH, tetapi memberikan serapan yang kuat di dalam spektra raman (Taslimah, 2004: 40).

Spektroskopi inframerah merupakan teknik untuk mendeteksi gugus fungsional, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran. Dasar dari spektroskopi inframerah adalah penentuan daerah frekuensi penyerapan radiasi inframerah oleh gugus fungsi molekul yang mengalami vibrasi tereksitasi.

Serapan infra merah berkaitan dengan getaran molekul atau atom. Hanya radiasi dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi getaran tersebut yang akan diserap. Atom dan molekul dalam suatu senyawa berosilasi atau bergetar dengan frekuensi kira-kira $10^{13} - 10^{14}$ hitungan perdetik. Frekuensi ini bersesuaian dengan frekuensi radiasi infra merah. Hal ini menyebabkan radiasi infra merah

dapat diserap oleh getaran molekul yang berinteraksi tersebut diikuti oleh perubahan momen dipol.

Getaran molekul suatu atom menyebabkan jarak antar atom berubah karena adanya pergerakan atom, dan atom-atom mengalami pergantian berkala satu sama lain. Tipe getaran dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Getaran renggang (*deformasi*) yang atomnya berosilasi pada arah sumbu ikatan tanpa mengubah sudut ikatan.
- b. Getaran lengkung yang getaran atomnya menghasilkan perubahan dalam sudut ikatan.

Daerah spektrum inframerah untuk tujuan analisis terletak pada panjang gelombang 2,5 μm hingga 15 μm . Satuan radiasi dalam daerah vibrasi inframerah disebut bilangan gelombang atau frekuensi (ν) yang dinyatakan dalam cm^{-1} . Gugus fungsi molekul dari spektra inframerah ditentukan melalui tabel korelasi inframerah yang memuat informasi dimana gugus fungsional molekul menyerap radiasi inframerah (Sastrohamidjojo, H 1992:102).

B. Penelitian Yang Relevan

Setyawan, dkk (2006) telah berhasil mensintesis silika gel dari abu *bagasse* melalui ekstraksi basa diikuti proses sol-gel. Silika dalam abu *bagasse* diekstrak dengan larutan NaOH pada suhu didihnya sambil diaduk, menghasilkan larutan natrium silikat. Larutan natrium silikat yang dihasilkan dinetralkan dengan HCl sampai pH tertentu, yang divariasi dari 3-7, untuk membentuk hidrogel. Gel yang terbentuk *diaging*, dikeringkan dan dicuci dengan air suling. Hasil pengamatan SEM menunjukkan bahwa silika gel yang dihasilkan adalah berupa *aggregate*

yang tersusun atas partikel-partikel primer. Densitas *bulk* silika gel ini kira-kira sebesar $1,7 \text{ g/cm}^3$, dengan porositas kira-kira sebesar 20%. Luas permukaan spesifiknya berkisar antara $235\text{-}510 \text{ m}^2/\text{g}$ dan volume pori berkisar antara $0,1\text{-}0,3 \text{ cm}^3/\text{g}$. Hasil pengukuran dengan metode BET menunjukkan bahwa jari-jari pori dari silika gel yang dihasilkan adalah sekitar $3\text{-}4\text{\AA}$.

Agus Prastiyanto, dkk (2009) telah melakukan penelitian yang berjudul Pengaruh Penambahan Merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap Kemampuan Adsorpsi Gel Silika dari Kaca pada Ion Logam Kadmium. Hasil penelitian diketahui bahwa MBT dengan konsentrasi 0,07; 0,04 dan 0,01M dapat diimpregnasi secara baik pada gel silika. Gel silika yang ditambah MBT 0,07 M memiliki daya adsorpsi paling efektif terhadap ion Cd(II) yaitu sebesar $0,076 \text{ mmol/g}$, sedangkan silika gel tanpa MBT memiliki daya adsorpsi terhadap Cd(II) sebesar $0,05918 \text{ mmol/g}$.

Nuryono, dkk (2006) telah melakukan penelitian yang berjudul Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi menggunakan Pelebur Natrium Karbonat, sedangkan untuk pembentukan gel digunakan larutan asam sitrat dan asam klorida. Sintesis diawali dengan pembakaran sekam, kemudian dilanjutkan dengan pengabuan pada temperatur 700°C selama 4 jam. Abu sekam padi dicuci dengan menggunakan H_2SO_4 5 % dan Na_2EDTA 0,1 M lalu dilebur dengan Na_2CO_3 pada suhu 900°C selama 30 menit untuk menghasilkan natrium silikat. Kemudian natrium silikat ditambahkan sejumlah akuades sehingga menjadi larutan. Pembentukan gel dilakukan melalui penambahan asam sitrat dengan konsentrasi bervariasi (0,6; 1; dan 1,5 M) serta asam klorida dengan konsentrasi

bervariasi (2; 3; dan 4 M). Gel yang terbentuk dicuci dengan akuades sampai diperoleh filtrat hasil cucian netral dan dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam, kemudian digerus dan diayak hingga diperoleh partikel yang lolos ayakan berukuran 200 *mesh*. Karakterisasi silika gel dilakukan dengan metode XRD, FTIR, dan analisis serapan gas dan penentuan kadar air total dalam silika. Hasil yang didapatkan tidak memberikan perbedaan berat hasil yang signifikan (antara 45,65-55,58 %). Karakterisasi dengan XRD dan FTIR juga menunjukkan bahwa silika gel hasil sintesis baik dengan asam sitrat (SGS) maupun asam klorida (SGK) bersifat amorf dan memiliki gugus fungsional silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Secara umum, penggunaan asam klorida pada konsentrasi yang dikaji memberikan luas permukaan spesifik dan rerata jejari pori lebih tinggi, sedangkan kadar air total pada SGK lebih rendah daripada SGS. Luas permukaan spesifik tertinggi diperoleh pada SGK dengan konsentrasi 4M yang mencapai 407,608 m²/g.

Akbar (2005) telah melakukan penelitian tentang modifikasi zeolit alam dengan merkaptobenzotiazol (MBT) untuk adsorpsi indigo carmine. Hasilnya diketahui bahwa adsorben zeolit –MBT mempunyai kemampuan adsorpsi lebih besar dibandingkan zeolit alam. Amri, dkk(2004) telah melakukan penelitian tentang kesetimbangan adsorpsi optional campuran biner Cd(II) dan Cr(II) dengan zeolit alam terimpregnasi merkaptobenzotiazol. Hasilnya bahwa zeolit alam terimpregnasi merkaptobenzotiazol dapat digunakan sebagai bahan penyerap untuk sistem campuran biner Cd dan Cr dengan daya pisah yang lebih baik daripada adsorben zeolit teraktivasi NaCl.

Fatma Irawati (2004) telah melakukan penelitian yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dan NaOH menggunakan Asam Sitrat, Asam Klorida dan Asam Sulfat. Abu sekam padi dihasilkan dengan pemanasan arang sekam asal Kulon Progo, Yogyakarta pada temperatur 800°C selama 2 jam. Abu dicuci dengan asam sulfat dan Na₂EDTA kemudian dilebur dengan NaOH pada 500°C selama 30 menit. Hasil leburan ditambah asam untuk membentuk gel. Gel yang diperoleh dikarakterisasi dengan mengidentifikasi gugus fungsional dengan alat spektrofotometer inframerah FTIR 8201 dan kekristalan dengan alat XRD Shimadzu, menentukan keasaman silika dengan metode gravimetri NH₃ dan menentukan kadar air silika gel dengan metode gravimetri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa silika gel memiliki gugus fungsional dan struktur mirip dengan silika gel *kiesel 60*. Keasaman silika gel yang dihasilkan dengan H₂SO₄ 4 M, HCl 0,5 M, asam sitrat 0,5 M berturut – turut sebesar 5,906 ; 2,924 dan 0,941 (dalam mmol/gram) dan kadar air berturut – turut adalah 14,98 %; 22,10 %; dan 28,60 %.

C. Kerangka Berfikir

Ampas tebu (*bagasse*) merupakan produk sampingan dari pengolahan gula. Berdasarkan berbagai penelitian diketahui bahwa abu *bagasse* banyak mengandung SiO₂ yang merupakan bahan dasar pembuatan silika gel. Penelitian yang dilakukan Setyawan, dkk (2006) menemukan bahwa kandungan SiO₂ pada abu *bagasse* berkisar antara 73,5 %. Tingginya kandungan SiO₂ pada abu *bagasse* memungkinkannya dijadikan bahan dasar pembuatan silika gel.

Silika gel merupakan padatan yang dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki gugus silanol ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$) yang keduanya mempunyai sisi aktif permukaan dan luas permukaan yang besar. Pada silika gel terdapat atom O sebagai situs aktif permukaan dalam hal ini sebagai donor pasangan elektron. Silika gel merupakan spesies yang mempunyai ukuran relatif kecil dan mempunyai polarisabilitas rendah sehingga kecenderungannya untuk berinteraksi dengan logam berat yang pada umumnya memiliki ukuran besar mempunyai polarisabilitas tinggi secara teoritis tidak begitu kuat. Oleh karena itu telah dilakukan usaha-usaha untuk modifikasi silika gel.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka akan dilakukan penelitian mengenai modifikasi silika gel dari abu *bagasse* dengan penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) untuk mengadsorpsi ion logam $\text{Cd}(\text{II})$. Pembuatan silika gel dilakukan melalui pengarangan ampas tebu dengan nyala api. Pengabuan ampas tebu dilakukan pada temperatur $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pencucian dilakukan menggunakan HCl $0,1\text{ M}$. Peleburan abu dilakukan menggunakan NaOH 1 M dan pembentukan gel dengan HCl 37% . Karakterisasi terhadap silika gel hasil sintesis dilakukan melalui identifikasi gugus fungsional menggunakan spektroskopi inframerah, kemudian hasil karakterisasi silika gel yang disintesis dibandingkan dengan hasil karakterisasi silika gel *Kiesel 60*. Penentuan kemampuan seberapa banyak $\text{Cd}(\text{II})$ teradsorpsi pada silika gel dengan penambahan maupun tanpa penambahan MBT dianalisis dengan AAS.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Subjek dan Objek Penelitian

1. Subjek Penelitian

Subjek dari penelitian ini adalah pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol pada sintesis silika gel dari abu *bagasse* terhadap kemampuan adsorpsi.

2. Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah kemampuan adsorpsi silika gel dari abu *bagasse* terhadap ion logam Cd(II).

B. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah konsentrasi merkaptobenzotiazol yaitu 0,01; 0,04 dan 0,07 M.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini karakter gugus fungsional silika gel dengan penambahan maupun tanpa penambahan merkaptobenzotiazol dan banyaknya ion logam Cd(II) yang teradsorpsi yang dinyatakan dalam efektifitas adsorpsi.

C. Alat dan Bahan

1. Alat-alat

- a. Seperangkat alat spektrofotometer FTIR Shimadzu 8300/8700
- b. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)
- c. Ayakan ukuran 200 *mesh*
- d. Kertas pH

- e. Timbangan Analitik
- f. Magnetik Stirer
- g. Penyaring buchner
- h. Oven
- i. Alat *Shaker*
- j. Termometer
- k. *Furnace*
- l. Cawan porselin
- m. Alat-alat gelas
- n. Alat-alat plastik
- o. Kertas Whatman 42

2. Bahan-bahan Penelitian

- a. Arang *Bagasse* (PG Madukismo)
- b. Larutan merkaptobenzotiazol (MBT)
- c. Larutan asam klorida pekat (HCl) p.a.Merck
- d. Na_2CO_3 p.a. Merck
- e. NaOH p.a.Merck
- f. Kiesel gel 60 G p.a. Merck
- g. Kadmium asetat dihidrat ($\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- h. Akuademineralisata

D. Prosedur Penelitian

1. Pengabuan dan Pencucian

Sampel arang *bagasse* yang diperoleh dari Pabrik Gula Madukismo

Yogyakarta diabukan dalam tungku pemanas pada temperatur 700 °C selama 4

jam dengan menggunakan cawan porselin. Abu *bagasse* tersebut kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan ukuran 200 *mesh*. Sebanyak 25 gram abu halus tersebut dicuci dengan 150 mL larutan HCl 0,1 M melalui pengadukan selama 1 jam dan didiamkan selama semalam. Kemudian disaring menggunakan kertas Whatman No. 42 dan dibilas dengan akuademineralisata hingga netral, dicek menggunakan kertas pH 14 Universal Merck. Abu *bagasse* yang telah dicuci tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 110 °C selama 2 jam. Abu *bagasse* kering tersebut ditimbang .

2. Sintesis Natrium Silikat (Na₂SiO₃)

Sebanyak 6 gram abu *bagasse* yang sudah dicuci ditambahkan 200 mL NaOH 1 M diaduk, kemudian dipanaskan pada *hotplate* selama 1 jam. Pendiaman selama 18 jam untuk memaksimalkan terbentuknya natrium silikat. Selanjutnya disaring dengan penyaring buchner sehingga diperoleh filtrat larutan natrium silikat.

3. Preparasi Larutan Merkaptobenzotiazol

Sebanyak 4,075 gram merkaptobenzotiazol dimasukkan ke dalam gelas beker dilarutkan dengan natrium karbonat, kemudian dipindahkan ke labu takar lalu diencerkan dengan natrium karbonat sampai 250 ml (dengan pengadukan) sehingga dihasilkan larutan merkaptobenzotiazol 0,1 M. Perhitungan massa MBT yang diperlukan adalah:

$$\frac{m \text{ MBT}}{Mr \text{ MBT} \cdot 0,25L} = 0,1 M$$

$$\frac{m \text{ MBT}}{163 \times 0,25L} = 0,1 M$$

$$m \text{ MBT} = 163 \times 0,25 \times 0,1 = 4,075 \text{ g}$$

Larutan MBT kemudian diencerkan dengan natrium karbonat sehingga diperoleh larutan MBT dengan berbagai variasi konsentrasi yaitu 0,07; 0,04; 0,01 M menggunakan rumus pengenceran sebagai berikut:

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

Keterangan :

V_1 = volume larutan MBT yang diencerkan

M_1 = konsentrasi larutan MBT yang diencerkan

V_2 = volume larutan MBT setelah pengenceran

M_2 = konsentrasi larutan MBT setelah pengenceran

Pembuatan larutan MBT dengan konsentrasi 0,07; 0,04; dan 0,01 M masing-masing sebanyak 10 mL dibuat dari larutan MBT 0,1 M masing-masing sebanyak 7, 4, dan 1 mL dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL, kemudian ditambahkan larutan natrium karbonat sampai tanda batas.

4. Sintesis Silika Gel tanpa Penambahan MBT

Sebanyak 20 mL larutan natrium silikat ditambah HCl 37 % secara bertetes-tetes sampai pH= 7. Selanjutnya diaduk dan akan diperoleh gel (alkogel). Kemudian alkogel didiamkan semalam untuk menghasilkan gel silika hidrogel. Kemudian hidrogel dicuci dengan akuademineralisata sampai air bekas cucian bersifat netral. Selanjutnya di saring dengan menggunakan penyaring buchner lalu gel dioven pada temperatur 80 °C sampai kering dan terbentuk gel silika kering (serogel). Silika serogel digerus, selanjutnya dianalisis dengan FTIR.

5. Sintesis Silika Gel dengan Penambahan MBT

Sebanyak 20 mL larutan natrium silikat ditambah larutan MBT dengan variasi konsentrasi 0,01; 0,04 dan 0,07 M yang masing-masing volumenya 10 ml dan HCl 37 % secara bertetes-tetes sampai pH= 7. Selanjutnya diaduk dan akan diperoleh gel (alkogel). Kemudian alkogel didiamkan semalam untuk terbentuknya gel (hidrogel). Kemudian hidrogel dicuci dengan akuademineralisata sampai air bekas cucian bersifat netral. Selanjutnya disaring dengan penyaring buchner, dihasilkan filtrat dan gel. Gel dioven pada temperatur 80 °C sampai kering sehingga terbentuk gel silika kering (serogel). Silika serogel digerus, selanjutnya dianalisis dengan FTIR. Sampel silika gel dengan penambahan berbagai variasi MBT maupun tanpa penambahan MBT diberi kode silika gel bertujuan agar tidak terjadi kekeliruan sampel sesuai Tabel 3.

Tabel 3. Kode silika gel

No	Kode	Keterangan
1	SM-7	Silika gel dengan penambahan MBT 0,07 M
2	SM-4	Silika gel dengan penambahan MBT 0,04 M
3	SM-1	Silika gel dengan penambahan MBT 0,01 M
4	SMT	Silika gel tanpa penambahan MBT

6. Pembuatan Larutan Standar Cd(II)

Pembuatan larutan standard Cd(II) 86,5 ppm sebanyak 100 mL dari kristal $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Larutan standar kadmium(II) 865 ppm berarti dalam 1000

mL larutan terdapat Cd(II) 865 mg. Massa $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (m) yang diperlukan untuk membuat 1000 mL adalah:

$$\frac{Mr_{\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{Ar_{\text{Cd(II)}}} \times 865 \text{ mg} = m$$

$$\frac{266,4}{112,4} \times 865 \text{ mg} = m$$

$$m = 2050 \text{ mg} = 2,050 \text{ g}$$

Massa $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ untuk membuat larutan sebanyak 100 mL adalah 0,205 g. Untuk membuat larutan Cd(II) 865 ppm sebanyak 100 mL dilakukan dengan menimbang 0,205 gram $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan akuademineralisata dalam gelas beker, kemudian dimasukkan dalam labu takar 100 mL lalu ditambahkan akuademineralisata sampai tanda batas sehingga menghasilkan larutan Cd(II) 865 ppm. Kemudian mengambil 10 mL larutan tersebut dan diencerkan dengan akuademineralisata sampai volume 100 mL sehingga menghasilkan larutan Cd(II) 86,5 ppm.

7. Uji Adsorbsi Gel Silika terhadap Cd(II) 86,5 ppm

a. Adsorben I (Gel silika tanpa penambahan MBT)

Sebanyak 0,05 gram silika gel STM ditambah dengan 10 ml larutan Cd(II) 86,5 ppm, selanjutnya digojok dengan shaker selama 2 jam. Kemudian diendapkan dalam *sentrifuge* dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit untuk mencapai kesetimbangan. Pemisahan larutan dan endapan dilakukan dengan cara dekantir, larutan yang dihasilkan dianalisis dengan AAS.

b. Adsorben II (Gel Silika dengan penambahan MBT)

Sebanyak 0,05 gram silika gel SM-7 ditambah dengan 10 ml larutan Cd(II) 86,5 ppm, selanjutnya digojok dengan shaker selama 2 jam. Kemudian diendapkan dalam *sentrifuge* dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit untuk mencapai kesetimbangan. Pemisahan larutan dan endapan dilakukan dengan cara dekantir, larutan yang dihasilkan dianalisis dengan AAS. Perlakuan yang sama dilakukan berturut-turut untuk SM-4 dan SM-1.

E. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data analisis kualitatif dan kuantitatif. Spektroskopi inframerah (IR) untuk mengetahui gugus fungsional senyawa hasil sintesis silika gel sebelum dan sesudah penambahan MBT, dan spektroskopi serapan atom untuk mengukur konsentrasi Cd(II) yang tidak teradsorpsi. Data konsentrasi digunakan untuk menghitung efektifitas adsorpsi silika gel abu *bagasse* dengan tanpa penambahan merkaptobenzotiazol maupun dengan penambahan merkaptobenzotiazol.

F. Teknik Analisis Data

1. Efektifitas adsorpsi silika gel abu *bagasse*

Efektifitas adsorpsi silika gel abu *bagasse* dengan penambahan merkaptobenzotiazol maupun tanpa penambahan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$efektifitas = \frac{konsentrasi\ Cd(II)\ awal - konsentrasi\ Cd(II)\ tidak\ teradsorpsi}{konsentrasi\ Cd(II)\ awal} \times 100\%$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter gugus fungsi silika gel setelah penambahan merkaptobenzotiazol (MBT), mengetahui pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) pada efektifitas adsorpsi silika gel terhadap Cd(II), dan mengetahui pengaruh konsentrasi merkaptobenzotiazol (MBT) pada efektifitas adsorpsi silika gel terhadap Cd(II). Natrium silikat dihasilkan dari peleburan abu *bagasse* dengan NaOH 1 M. Jenis asam yang digunakan sebagai pembentuk gel adalah asam klorida.

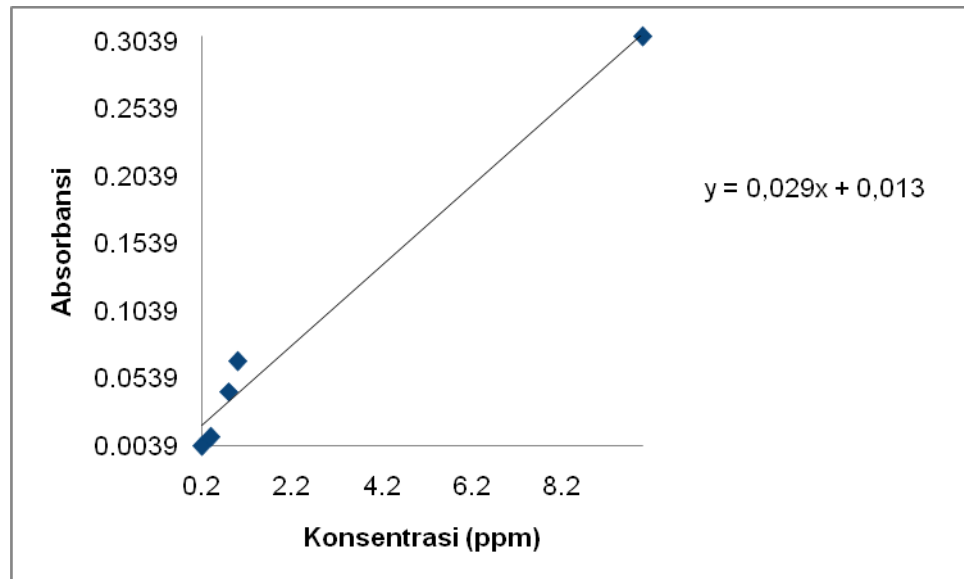
Silika gel hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dan dibandingkan karakternya dengan silika gel pembanding yaitu kiesel gel 60G buatan E-Merck. Adapun karakter silika gel yang dipelajari meliputi spektra inframerah, dan efektifitas adsorpsinya terhadap ion logam Cd(II). Silika gel yang telah digunakan sebagai adsorben kemudian disaring dan dikeringkan serta dikarakterisasi dengan menggunakan spektroskopi inframerah seperti Gambar 6.

Penentuan konsentrasi larutan Cd(II) diawali dengan pembuatan larutan standar Cd(II) dengan variasi konsentrasi kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer serapan atom. Data absorbansinya dan konsentrasi larutan standar Cd(II) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Konsentrasi (X) dan Absorbansi (Y) Larutan Standar Cd(II)

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,2	0,0039
2	0,4	0,0103
3	0,8	0,0444
4	1	0,0667
5	10	0,3071

Data absorbansi dan konsentrasi larutan standar Cd(II) kemudian digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi larutan standar, seperti Gambar 7.



Gambar 7. Kurva Larutan Standar

Berdasarkan kurva larutan standar diperoleh persamaan garis regresi linier $Y = 0,0296X + 0,013$. Persamaan tersebut memiliki nilai R sebesar 0,9914. Harga R tersebut dikonsultasikan dengan nilai produk momen pada taraf signifiknasi 1 % yaitu sebesar 0,959. Harga R hitung ternyata lebih besar dari R tabel sehingga ada korelasi signifikan antara konsentrasi (X) dan absorbansi (Y). Perhitungan selengkapnya di lampiran 2.

Persamaan garis regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi kemudian digunakan untuk penentuan konsentrasi larutan Cd(II) tidak diadsorpsi sehingga efektifitas adsorpsi terhadap ion logam Cd(II) dapat ditentukan. Efektifitas adsorpsi didefinisikan sebagai prosentase jumlah relatif adsorbat yang terikat pada adsorben. Data efektifitas adsorpsi STM, SM-7, SM-4, SM-1, dapat dilihat pada Tabel 5. Perhitungan selengkapnya di lampiran 2.

Tabel 5. Efektifitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam Cd(II)

Kode Silika Gel	Konsentrasi Cd(II) tidak teradsorpsi (ppm)	Konsentrasi Cd(II) teradsorpsi (ppm)	Efektifitas adsorpsi terhadap Ion Logam Cd(II) (%)	Peningkatan daya adsorpsi
SM-7	0,26351	86,23649	99,695	0,658
SM-4	0,59459	85,90541	99,312	0,271
SM-1	0,62837	85,87163	99,273	0,231
STM	0,8277	85,6723	99,043	0

B. PEMBAHASAN

1. Pengabuan dan Pencucian Abu *Bagasse*

Abu *bagasse* diperoleh dari Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta. Proses pengarangan ampas tebu (*bagasse*) dilakukan untuk menurunkan temperatur pengabuan serta mempercepat proses pengabuan. Apabila ampas tebu diabukan maka diperlukan temperatur tinggi sekitar 1000 °C, dimana temperatur yang tinggi akan mengurangi kereaktifan dari abu *bagasse*. Arang *bagasse* dipanaskan pada tungku pemanas pada temperatur 700 °C selama 4 jam untuk menghasilkan abu *bagasse*. Pemanasan pada temperatur 700 °C ini dimaksudkan untuk supaya abu *bagasse* yang dihasilkan lebih maksimal ditinjau dari bentuk dan warna. Proses pengabuan ini bertujuan untuk mendapatkan silika yang lebih amorf oleh karena itu pemanasan abu tidak dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi dari 700 °C. Menurut Jalaluddin (2003: 39) silika pada temperatur pengabuan 700 °C mempunyai bentuk amorf dan warnanya lebih putih sehingga lebih reaktif dan lebih mudah membentuk silika gel dibandingkan dengan temperatur pengabuan yang lebih tinggi. Peningkatan

temperatur pengabuan dapat mengakibatkan penurunan presentase silika gel yang dihasilkan.

Abu *bagasse* digerus dan diayak dengan ayakan 200 mesh, hal ini dilakukan untuk mendapatkan ukuran abu yang sama. Selanjutnya abu dicuci dengan HCl 0,1 M sambil diaduk dan dipanaskan pada temperatur 100 °C selama 1 jam. Pencucian dengan HCl 0,1 M ini digunakan untuk melarutkan pengotor berupa oksida logam seperti natrium oksida (Na₂O), kalium oksida (K₂O), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO) dan besi oksida (Fe₂O₃) dan senyawa karbon organik. Dalam proses ini digunakan asam yaitu HCl karena asam dapat dihilangkan dengan mudah, asam tidak merusak wadah yang digunakan karena umumnya dekomposisi asam dilakukan pada temperatur rendah dan silika relatif tidak larut dalam pelarut asam seperti HCl karena untuk memutus ikatan antar SiO₂ dalam rangkaian polimer diperlukan tenaga pengaktifan yang besar (Maliawati, 2005:36). Pengadukkan dan pemanasan 100 °C selama 1 jam ini dilakukan untuk mempercepat dan menyempurnakan reaksi pencucian abu *bagasse*. Abu *bagasse* yang telah dicuci dengan asam kemudian dicuci dengan akudeminalisata sampai netral dan dikeringkan dengan oven pada temperatur 110 °C selama 2 jam untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat pada abu *bagasse*.

2. Larutan Natrium Silikat (Na₂SiO₃)

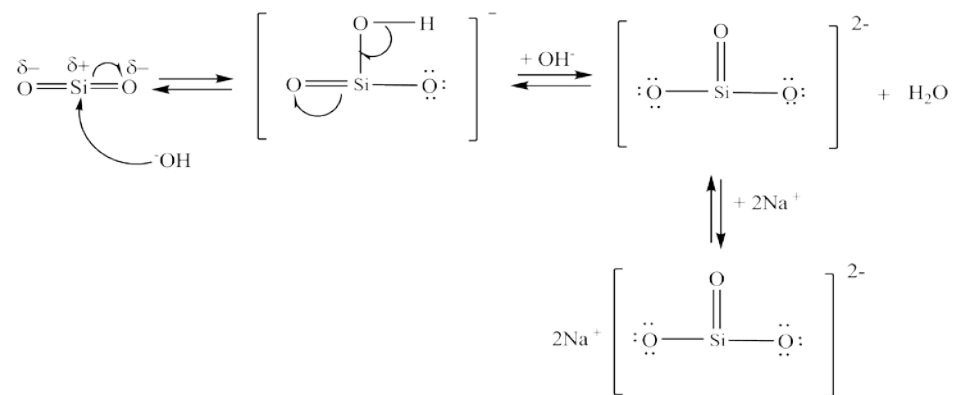
Larutan natrium silikat dibuat dengan melarutkan abu *bagasse* dengan 200 mL larutan NaOH 1 M sambil dididihkan 1 jam pada temperatur rendah dan diaduk

sampai mengental supaya reaksinya lebih sempurna. Proses pemanasan dan pengadukan dilakukan dengan menggunakan wadah yang terbuat dari teflon, hal ini dikarenakan teflon tidak bereaksi dengan campuran. Menurut Kalapathy, dkk (2000:37) cara ini dapat dilakukan karena silika dalam abu *bagasse* dapat dilebur dengan memanfaatkan kelarutannya yang sangat mampu melarutkan silika dengan jumlah yang lebih besar. Selanjutnya didiamkan selama semalam untuk memaksimalkan terbentuknya natrium silikat. Larutan natrium silikat disaring untuk memperoleh filtrat natrium silikat dan memisahkan residunya. Selanjutnya untuk mengoptimalkan pelarutan natrium silikat dilakukan pelarutan kembali residu dalam akuademineralisata dengan harapan natrium silika yang belum larut, dapat dilarutkan lebih optimal.

Proses peleburan abu *bagasse* bertujuan untuk mengubah SiO_2 menjadi ion silikat sesuai dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Mekanisme reaksi pembentukan natrium silikat diperkirakan seperti Gambar 8:



Gambar 8. Mekanisme reaksi pembentukan natrium silikat

Berdasarkan mekanisme reaksi pembentukan natrium silikat di atas, spesies yang memiliki peranan penting adalah ion hidroksi (OH^-). Ion ini mampu menyerang atom Si pada silika dan membentuk silikat. Walaupun telah membentuk 4 ikatan dengan atom oksigen, atom Si dengan adanya orbital d kosong memungkinkan menerima pasangan elektron dari atom O pada OH^- (Nuryono, 2004: 38). Dalam medium air, NaOH akan terionisasi sempurna membentuk Na^+ dan OH^- , atom O pada SiO_2 memiliki elektronegativitas yang tinggi, hal ini mengakibatkan atom Si lebih elektropositif sehingga mekanisme yang terjadi adalah OH^- akan menyerang Si yang terpolarisasi positif dan terbentuk intermediet $(\text{SiO}_2\text{OH})^-$ yang tidak stabil, sehingga akan terjadi dehidrogenasi dan ion hidroksil yang kedua akan berikatan dengan hydrogen membentuk molekul air. Molekul air akan lepas dari sistem dengan mudah karena merupakan gugus pergi yang baik, adanya dua ion Na^+ akan menyeimbangkan muatan negatif yang terjadi, sehingga terbentuklah larutan natrium silikat (Na_2SiO_3).

3. Silika Gel tanpa Penambahan MBT (merkaptobenzotiazol)

Pada proses pembuatan silika gel, 20 mL larutan natrium silikat ditambahkan HCl 37 % sedikit demi sedikit disertai pengadukkan. Penambahan asam klorida pekat dilakukan hingga pH 7. Pada proses ini akan dihasilkan gel yang masih lunak yang disebut alkogel. Alkogel yang terbentuk kemudian didiamkan semalam, pada jangka waktu semalam terjadi kondensasi diikuti dengan pelepasan larutan garam. Tahap ini disebut *sinerisis*. Pada akhir proses *sinerisis* didapatkan gel yang relatif lebih kaku dengan volume yang lebih kecil bila dibandingkan dengan alkogel. Gel ini disebut

hidrogel. Tahap selanjutnya adalah untuk mencuci hidrogel dengan akuademineralisata untuk menghilangkan garam-garam yang merupakan hasil samping reaksi pembentukan silika gel pH 7.

Tahap selanjutnya adalah menyaring hidrogel untuk memisahkan gel dengan cairannya. Gel yang didapatkan kemudian dikeringkan pada suhu 80 °C sampai kering. Pengeringan pada suhu tersebut dimaksudkan untuk mengeliminasi kandungan air didalam bahan dengan menguapkan air dari permukaan bahan atau agar silika gel yang terbentuk tidak terdekomposisi akibat pemanasan karena mengandung senyawa organik. Hasil dari proses pengeringan adalah berupa padatan gel silika kering yang disebut serogel. Serogel merupakan silika gel kering yang dihasilkan dengan mengeringkan fasa air dalam pori-pori melalui proses evaporasi (Celzard and Mareche, 2002:40). Tahap berikutnya penggerusan dengan mortar kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh, jadilah silika gel.

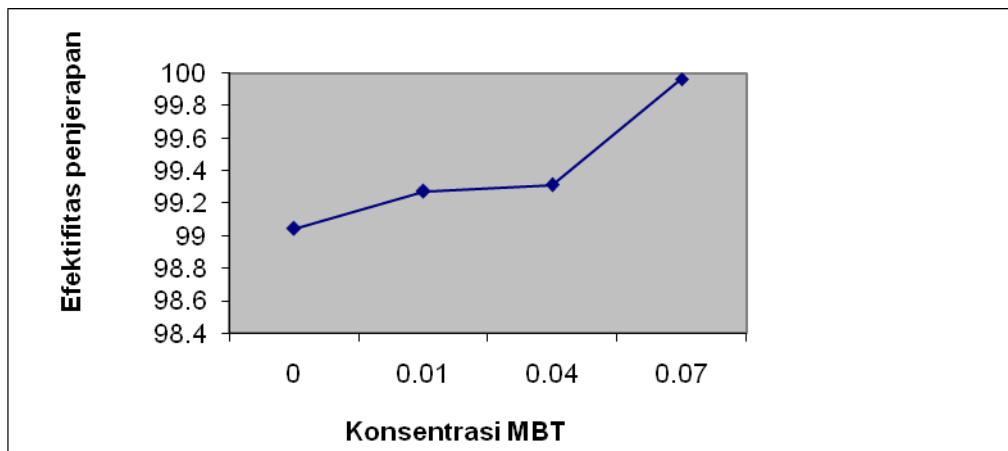
4. Silika Gel dengan Penambahan MBT

Pada proses pembuatan silika gel, 20 mL larutan natrium silikat ditambahkan larutan MBT 0,07 M kemudian ditetes-tetesin HCl 37 % sedikit demi sedikit disertai pengadukkan. Penambahan asam klorida pekat dilakukan hingga pH 7, Penambahan MBT dan HCl secara langsung pada larutan natrium silikat diharapkan dapat terjadi substitusi langsung MBT terhadap gugus silanol pada silika gel. Adanya substitusi MBT terhadap gugus silanol pada silika gel membuat silika gel tersebut memiliki gugus aktif berupa gugus -SH yang nantinya dapat berperan dalam proses adsorpsi.

Gugus $-SH$ merupakan suatu basa lunak sehingga gugus ini memiliki kemampuan untuk berikatan dengan suatu asam lunak seperti Cd^{2+} . Pada proses ini akan dihasilkan gel yang masih lunak yang disebut alkogel. Alkogel yang terbentuk kemudian didiamkan semalam, pada jangka waktu semalam terjadi kondensasi diikuti dengan pelepasan larutan garam. Tahap ini disebut *sinerisis*. Pada akhir proses *sinerisis* didapatkan gel yang relatif lebih kaku dengan volume yang lebih kecil bila dibandingkan dengan alkogel yang disebut hidrogel. Tahap selanjutnya adalah untuk mencuci hidrogel dengan akuademineralisata untuk menghilangkan garam-garam yang merupakan hasil samping reaksi pembentukan silika gel pH 7.

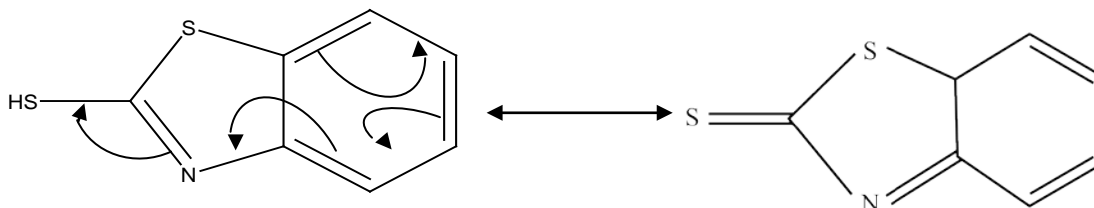
Tahap selanjutnya adalah menyaring hidrogel untuk memisahkan gel dengan cairannya. Gel yang didapatkan kemudian dikeringkan pada suhu $80^{\circ}C$ sampai kering. Pengeringan pada suhu tersebut dimaksudkan untuk mengeliminasi kandungan air didalam bahan dengan menguapkan air dari permukaan bahan atau agar MBTSG yang terbentuk tidak terdekomposisi akibat pemanasan karena mengandung senyawa organik. Hasil dari proses pengeringan adalah berupa padatan gel silika kering yang disebut serogel. Serogel merupakan silika gel kering yang dihasilkan dengan mengeringkan fasa air dalam pori-pori. Tahap berikutnya penggerusan dengan mortar kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh, jadilah silika gel. Perlakuan yang sama pada SM- 4 dan SM- 1. Karakterisasi dapat dilihat halaman 47 pada Tabel 7.

Peningkatan efektifitas adsorpsi ion logam $Cd(II)$ dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva Efektifitas adsorpsi ion logam Cd(II) terhadap konsentrasi MBT .

Berdasarkan Gambar 9. diatas terlihat bahwa ion logam Cd(II) yang teradsorpsi oleh silika gel mengalami peningkatan seiring dengan semakin meningkatnya konsentrasi MBT yang ditambahkan pada silika gel. Dengan melihat spektra IR dari silika gel yang dihasilkan ternyata ada serapan yang menunjukkan gugus $-SH$ yaitu pada daerah serapan sekitar 2600 cm^{-1} . jadi kemungkinan dalam struktur MBT tidak terjadi tautomeri yang menyebabkan adanya resonansi dari gugus $-SH$ menjadi S , menurut Agus Prastiyanto, dkk (2009: 5) seperti Gambar 10.



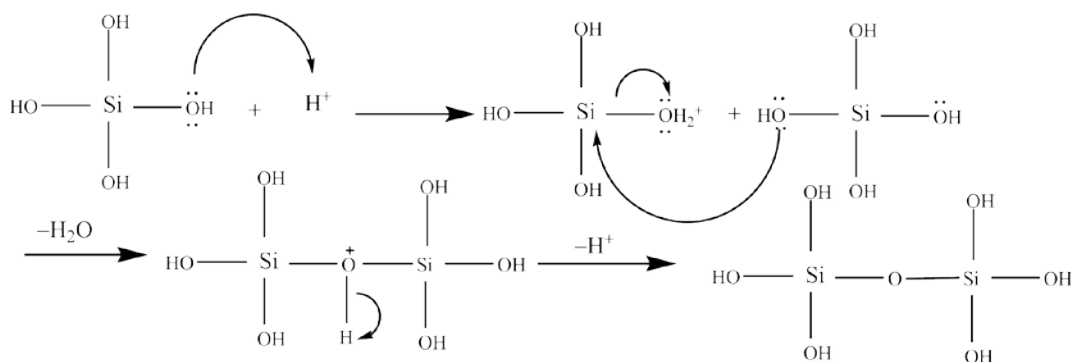
Gambar 10. Resonansi merkaptobenzotiazol

Dengan demikian, pada penelitian ini tidak ada perubahan yang terjadi pada struktur MBT. Dari fakta ini mengidentifikasi bahwa MBT hanya berada dalam

keadaan terimpregnasi. Jadi besar kemungkinan ikatan yang terjadi antara MBT dengan silika gel adalah ikatan fisik. Dengan demikian harapan adanya substitusi MBT terhadap gugus silanol pada silika gel secara langsung tidak dapat terjadi. Namun kondisi ini tidak menutup kemungkinan adanya gugus $-SH$ pada silika gel yang berperan dalam proses adsorpsi.

Dengan keberadaan MBT yang terimpregnasi pada silika gel sangat memungkinkan gugus $-SH$ dari MBT dapat digunakan untuk mengadsorpsi ion logam $Cd(II)$. Sehingga kemungkinan besar ketika konsentrasi MBT meningkat maka keberadaan gugus $-SH$ pada silika gel juga semakin meningkat.

Reaksi pembentukan gel yang terjadi menurut Scott (1993: 27) seperti Gambar 11.



Gambar 11. Pembentukan silika gel

5. Karakterisasi Silika Gel dengan spektrofotometri Infra-merah

Spektrofotometri infra-merah merupakan suatu metode untuk mengetahui gugus fungsional dari suatu molekul. Karakterisasi silika gel dengan spektrofotometri infra-merah bertujuan untuk mengetahui adanya gugus silanol, siloksan, gugus SH dan gugus lain yang mendukung keberadaan MBT pada silika gel yang ditambah MBT dibandingkan dengan silika gel tanpa MBT dan gel silika *kiesel-60*. Silika memiliki daerah serapan disekitar bilangan gelombang $4.000-400\text{ cm}^{-1}$. Molekul yang dapat terdeteksi oleh spektrofotometer FTIR adalah molekul yang memiliki perubahan momen dipol ketika terkena sinar inframerah sehingga terjadi vibrasi molekul yaitu rentangan dan bengkokan. vibrasi rentangan terjadi pada atom-atom sepanjang sumbu ikatan sedangkan vibrasi bengkokan terjadi akibat berubahnya sudut antara dua ikatan. Vibrasi rentangan terdiri dari vibrasi rentangan simetri dan asimetri sedangkan vibrasi bengkokan terdiri atas guntingan, goyangan, kibasan dan plintiran.

Pada penelitian ini, silika gel hasil sintesis pada variasi konsentrasi merkaptobenzotiazol dikarakterisasi gugus-gugus fungsionalnya dengan menggunakan spektrofotometer inframerah. Silika gel yang digunakan sebagai pembanding adalah *kiesel gel 60G* buatan E-Merck. Berdasarkan spektra inframerah *kiesel gel 60G* pada gambar 6 terdapat beberapa serapan karakteristik pada bilangan gelombang $1111,55\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi regangan asimetri Si-O dari Si-O-Si. Pita serupa yang karakteristik Si-O juga muncul pada bilangan gelombang $797,77\text{ cm}^{-1}$, pita lebar pada $3414,79\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi gugus -OH dari Si-

OH (Hardjono Sastrohamidjojo, 1990:102). Pita tersebut dipertegas oleh pita pada daerah $1627,94\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi bengkokan -OH dari Si-OH . Pita pada daerah $471,38\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi bengkokan dari Si-O-Si . (Brinker, C.J. dan Sherer, W.J, 1990:583).

Bedasarkan spektra inframerah, secara umum silika gel hasil sintesis memberikan pola spektra inframerah yang mirip dengan pola spektra inframerah *kiesel gel 60G* E-Merck. Berdasarkan Gambar 6, spektra inframerah pada silika gel tanpa MBT (STM) memiliki pola yang paling mirip dengan pola spektra inframerah *kiesel gel 60G* E-Merck. Spektra infra-merah silika gel *kiesel-60*, silika gel tanpa MBT dan silika gel yang ditambah MBT ditunjukkan pada gambar 6.

Pada Gambar 6 diatas diketahui bahwa spektra IR yang ditunjukkan oleh silika gel hasil sintesis memperlihatkan pola serapan untuk gugus silanol dan siloksan yang hampir sama dengan silika gel *kiesel-60*. Daftar bilangan gelombang pada masing-masing silika gel dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Daftar bilangan gelombang pada masing-masing silika gel.

Bilangan Gelombang (cm^{-1})					Intrepretasi
Silika gel Kiesel -60	STM	SM-1	SM-4	SM-7	
3000-4000	3000-4000	3000-4000	3000-4000	3000-4000	Overtone/kombinasi vibrasi Si-OH atau H_2O
	3749,62	3749,62	3749,62	3749,62	Gugus Si-OH bebas pada permukaan gel silika
3414,79	3455,56	3454,17	3449,51	3449,54	Rentangan -OH dari Si-OH
		2854,65	2862,36	2862,36	Rentangan C-H
		2677,2	2646,34	2684,91	Rentangan -SH
1627,94	1641,67	1644,82	1639,41	1635,43	Bengkokan -OH dari Si-OH
1111,55	1092,52	1089,58	1092,16	1091,29	Rentangan asimetri Si-O dari Si-O-Si
797,77	795,18		796,03	795,74	Rentangan asimetri Si-O dari Si-O-Si
				959,97	Rentangan Si-O pada Si-OH
471,38	469,68	464,61	468,19	467,10	Bengkokan Si-O-Si
		1851,66	1851,66	1851,66	Overtone/kombinasi vibrasi senyawa organik dan Si-O ₂
		2499,75		2559,75	Range serapan lebar dari pita uluran -OH
		2361,37	2360,17	2363,37	Menunjukkan atmosferik CO ₂

Pada silika gel yang ditambah MBT memiliki perbedaan dengan silika gel *kiesel-60* dan silika gel tanpa MBT, yaitu terdapatnya daerah serapan gugus tiolat (-SH). Hal ini mengindikasikan bahwa MBT dapat terikat pada silika gel meskipun hanya terikat secara fisik. Keberadaan gugus tiolat (-SH) dari MBT terlihat pada

daerah serapan sekitar 2.600 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ulur gugus -SH , namun serapannya sangat lemah dan lebih lemah dari gugus -OH . Hal ini yang mendukung bahwa MBT dapat terikat pada silika gel adalah adanya daerah serapan sekitar $2800\text{-}2900\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur C-H , daerah serapan $1851,66\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan *overtone* atau kombinasi vibrasi senyawa organik, dan SiO_2 .

6. Uji Adsorpsi Silika Gel

Dalam penelitian ini, dilakukan uji adsorpsi menggunakan spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk mengetahui kemampuan silika gel yang dihasilkan dalam mengadsorpsi Cd(II) . Silika gel mempunyai gugus silanol dan siloksan diketahui mampu mengadsorpsi ion logam keras seperti seperti pada logam alkali dan alkali tanah, karena mempunyai permukaan aktif berupa gugus O^- (Azmiyawati, 2004: 10). Namun dengan adanya penambahan merkaptobenzotiazol, permukaan aktif silika gel berubah menjadi gugus -SH (thiolat) yang merupakan suatu basa lunak.

Berdasarkan aturan *Hard and Soft Acid and Based* (HSAB) (Saito, 2004: 24) bahwa reaksi akan lebih mudah untuk interaksi keras-keras dan lunak-lunak dibanding campuran keras-lunak dalam reaktan. Hal ini berarti interaksi akan lebih mudah apabila asam keras dengan basa keras dan asam lunak dengan basa lunak. Pada penelitian ini, merkaptobenzotiazol yang ditambahkan pada silika gel mengandung gugus basa lunak tiolat (-SH) sehingga diharapkan silika gel yang dihasilkan mampu mengadsorpsi asam lunak Cd(II) .

Dari tabel 5 diketahui bahwa silika gel yang ditambah merkaptobenzotiazol (MBT) secara umum memiliki daya adsorpsi terhadap Cd(II) yang cenderung meningkat jika dibandingkan dengan silika gel tanpa MBT. Daya adsorpsi paling besar terlihat pada silika gel yang ditambah MBT 0,07 M. Hal ini terjadi karena adanya konsentrasi MBT yang semakin tinggi, kemungkinan besar keberadaan gugus -SH yang ada pada silika gel juga semakin tinggi. Begitupun sebaliknya, dengan adanya konsentrasi MBT semakin rendah maka keberadaan gugus -SH yang ada pada silika gel juga semakin rendah atau sedikit. Hal ini sangat menentukan kemampuan silika gel dalam mengadsorpsi ion logam lunak khususnya Cd(II). Dari penelitian, diketahui bahwa jumlah Cd(II) yang teradsorpsi oleh silika gel yang ditambah MBT 0,07 M lebih banyak daripada silika gel yang lain, terlihat pada efektifitas adsorpsi terhadap ion logam Cd(II) yaitu sebesar 99,695 %. Jadi silika gel yang ditambah MBT 0,07 M memiliki kemampuan adsorpsi terhadap Cd(II) yang lebih efektif daripada silika gel yang lain. Peningkatan daya adsorpsi silika gel yang dihasilkan terhadap Cd(II) ditunjukkan pada Tabel 5.

Dari tabel 5 terlihat bahwa perbandingan peningkatan daya adsorpsi silika gel yang ditambah MBT dengan silika gel tanpa MBT terhadap ion logam Cd(II) tidak begitu signifikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang Pengaruh Penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap kemampuan adsorpsi silika gel dari abu *bagasse* pada ion logam kadmium(II) dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakter gugus fungsi silika gel setelah penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) dengan spektrofotometri inframerah menunjukkan kemiripan dengan *kiesel gel-60G* dan berbeda pada serapan gugus Si-OH, C-H, -SH, Si-O pada Si-OH, dan kombinasi vibrasi pada senyawa organik dan Si-O₂ pada bilangan gelombang 3749,62; 2862.36; 2684,91; 959,97; 1851,66 cm⁻¹.
2. Efektifitas adsorpsi silika gel terhadap Cd(II) dipengaruhi oleh penambahan merkaptobenzotiazol.
3. Semakin besar konsentrasi merkaptobenzotiazol maka semakin besar efektifitas adsorpsi silika gel terhadap ion logam Cd(II).

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengembangan lanjut tentang pengaruh penambahan merkaptobenzotiazol terhadap kemampuan silika gel dari bahan yang berbeda selain abu *bagasse*.
2. Perlu dilakukan karakterisasi lanjut mengenai permukaan dan porositas silika setelah penambahan merkaptobenzotiazol (MBT).

DAFTAR PUSTAKA

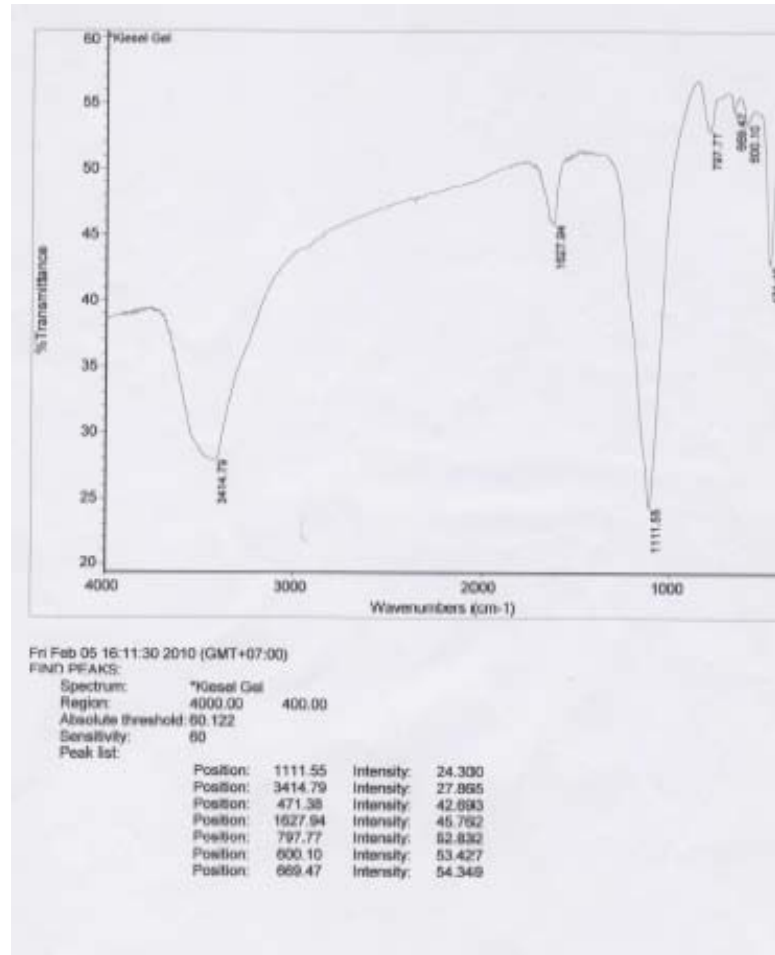
- Agus Prastiyanto, Choiril Azmiyawati dan Adi Darmawan. (2009) Pengaruh Penambahan merkaptobenzotiazol (MBT) terhadap kemampuan adsorpsi gel silika dari abu bagasse pada ion logam kadmium. *Skripsi*. Semarang: FMIPA, UNDIP.
- Ahmad Fauzi. (2007). Optimasi Konsentrasi HCl dalam Pembuatan Silika Gel dari Natrium Silikat sebagai Adsorben Selektif Ion Logam Kromium (III). *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA, UNY.
- Anonim. *Tebu*. [http : // www.id.wikipedia.org/wiki.tebu.html](http://www.id.wikipedia.org/wiki.tebu.html). Diakses tanggal 10 Maret 2010.
- Anderson, R. (1991), *Sample Pre-treatment and Separation*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Atkins, P. W. (1997). *Kimia Fisika Jilid 2*. ed. 4. Jakarta : Erlangga.
- Billmeyer, Fred, W. Jr. (1957). *Textbook of Polymer Chemistry*. New York: Interscience.
- Brinker, C. S. dan Scherer, W. J. (1990). *Sol-gel Science : The Physics and Chemistry of Sol-gel Processing*. San Diego : Academic Press.
- Blaedel, W. J. dan Meloche, V. W. (1963). *Elementary Quantitative Analysis Theory and Practise*. New York: Harper and Row Publisher.
- Dhedi Tricahyono. (2004). Studi Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai Bahan Dasar Pembuatan Karboksi Metil Selulosa. *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA, UGM.
- Fatma Irawati. (2004). Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dan NaOH Menggunakan Asam Sitrat, Asam Klorida dan Asam Sulfat. *Skripsi*. Yogyakarta : FMIPA Universitas Gajah Mada
- Hardi Santosa. (2003). Perbaikan Tanah Ekspansif dengan Menggunakan Quicklime dan Abu Ampas Tebu. *Skripsi*. Surabaya : FT Universitas Kristen Petra.
- Harper, W. F and Lloyd, E. M. (1961). *Essentials of Chemistry in Laboratory*, W. H. Freeman and Co, San Francisco

- Heru Setyawan, Gede Wibawa, dan Fadlilatul Taufani. (2006). Pengembangan Proses Pembuatan Silika Gel dari Abu Ketel Pabrik Gula. *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*. Surabaya : FT Institut Teknologi Sepuluh November.
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Cet. 1. Jakarta : UI Press.
- Majors, R. E., Christian, G. D., and Reilly, J. E. (1989). *Solid and Liquid Phase Chromatography: Instrumental Analysis*. Second edition. Massachusetts : Allyn and Bacon, Inc.
- Nuryono, Narsito dan Sutarno.(2004).Kajian Penggunaan NaOH dan Na₂CO₃ pada Pembuatan Silika Gel dari Abu Sekam Padi, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Yogyakarta:UGM
- Nuryono, Tri Suharsih dan Endang Astuti.(2006).Keasaman Silika Gel Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*.Yogyakarta:UNY
- Nuryono, Ulul Khairi Zuryati dan Indriana Kartini.(2006).Pembuatan dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Asam Sitrat dan Asam Klorida, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Pendidikan Kimia*.11 November 2006:Pandanaran
- Oscik. (1982). *Adsorption*. England : Ellis Horwood Limited.
- Sastrohamidjojo, H. (1992). *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta : Liberty.
- Scott, R. P. W. (1993). *Silika Gel and Bonded Phases*. Chicester : John Wiley and Son's Ltd.
- Scubert, U. and Hüsing, N. (2000). *Synthesis of Inorganic Materials*. Weinheim : Wiley-VCH.
- Tan, K. H. (1982). *Dasar-dasar Kimia Tanah*. (terjemahan : DH Goenadi dan B. Radjagukguk). Yogyakarta : UGM Press.
- Tri Suharsih. (2004). Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Asam Klorida dalam Pembuatan Silika Gel dari Abu Sekam Padi terhadap Karakter Hasil. *Skripsi*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- West, A. R. (1984). *Solid State Chemistry and It's Applications*. Aberdeen : John Wiley and Son's.

***L
A
M
P
I
R
A
N***

Lampiran 1

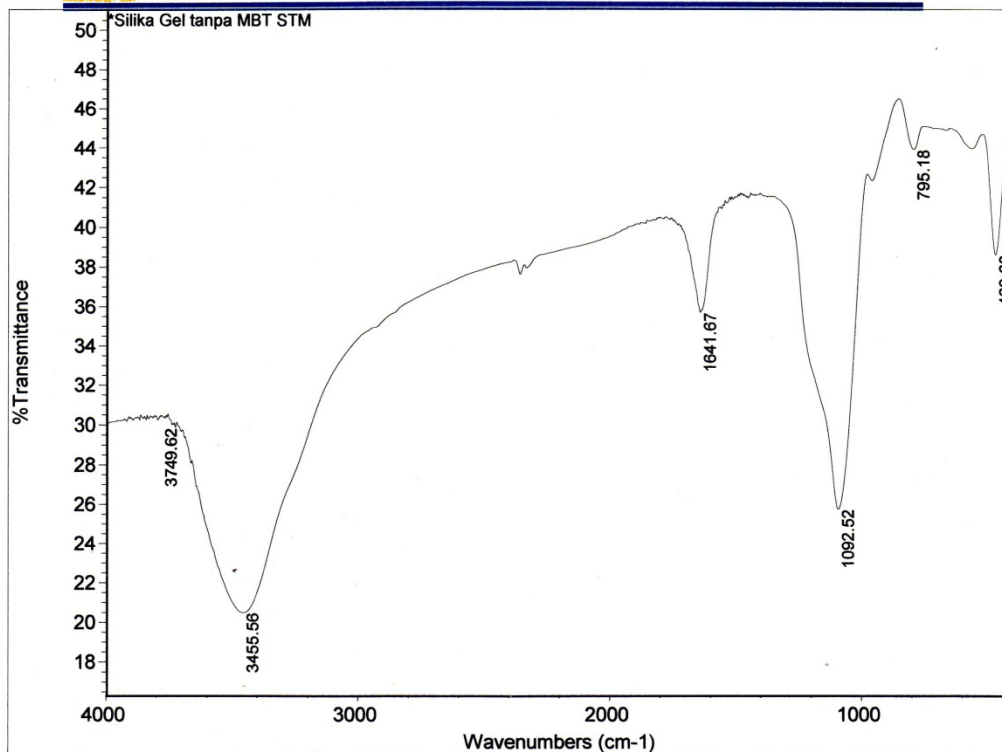
Gambar Spektra Infra-Merah dari Kiesel Gel 60 G.





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM INSTRUMENTASI TERPADU

Jl. Kaliurang Km.14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895920 ext. 3044 fax (0274) 896439 ext. 3020



Tue Jul 13 09:05:34 2010 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: *Silika Gel tanpa MBT STM

Region: 4000.00 400.00

Absolute threshold: 50.707

Sensitivity: 50

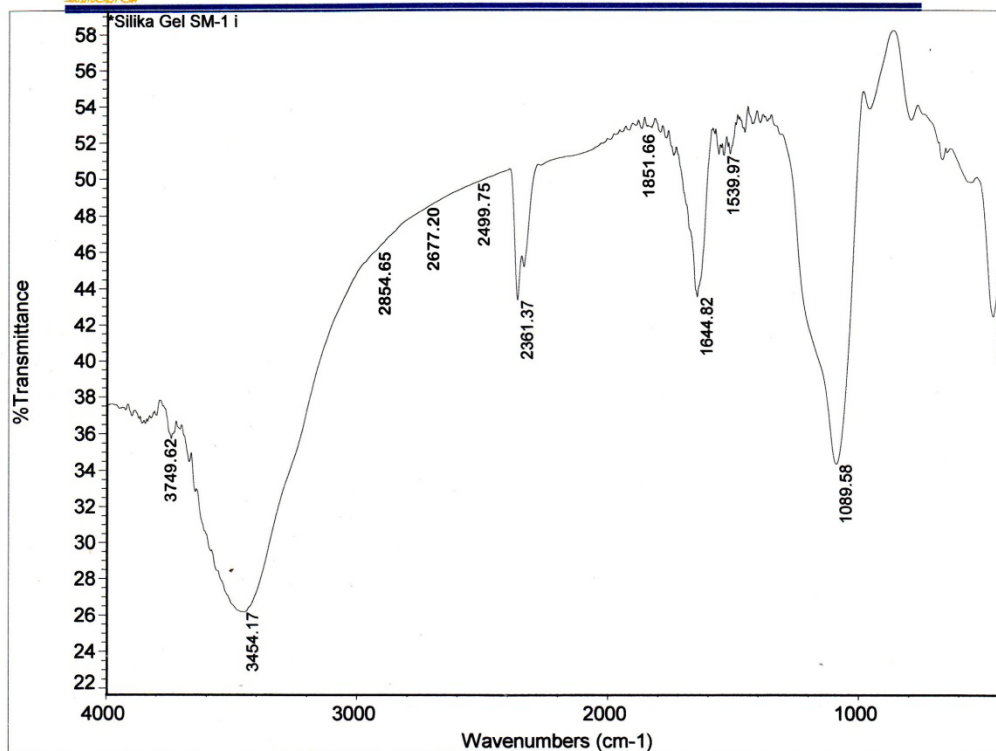
Peak list:

Position:	3455.56	Intensity:	20.482
Position:	1092.52	Intensity:	25.742
Position:	1641.67	Intensity:	35.705
Position:	469.68	Intensity:	38.639
Position:	795.18	Intensity:	43.952
Position:	3749.62	Intensity:	30.55



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
LABORATORIUM INSTRUMENTASI TERPADU

Jl. Kaliurang Km.14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895920 ext. 3044 fax (0274) 896439 ext. 3020

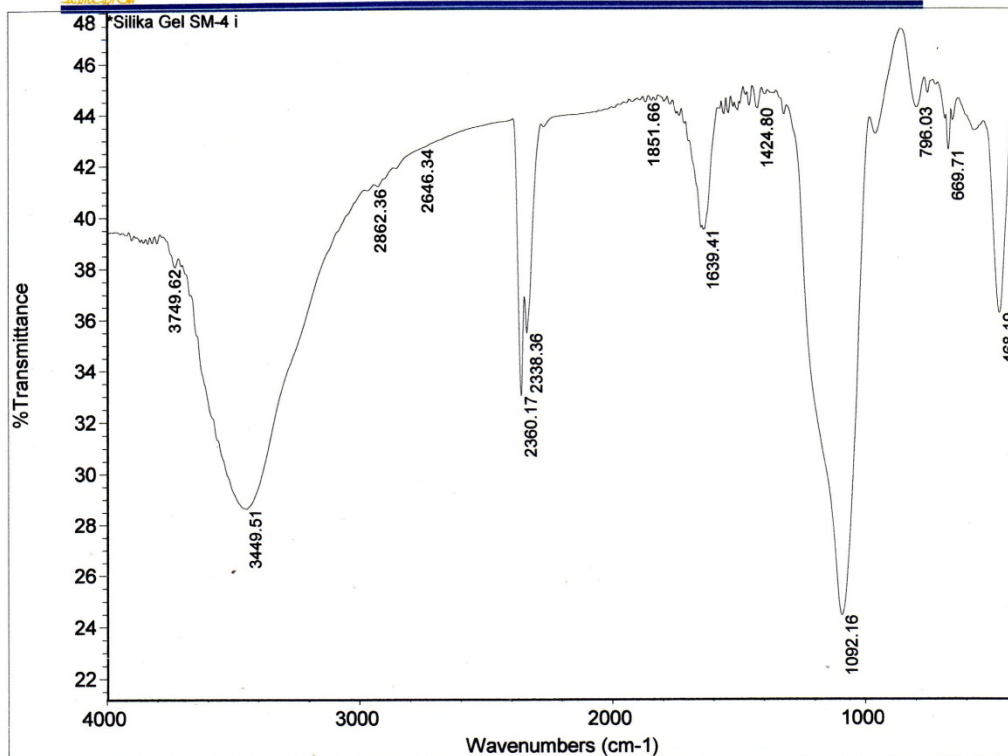


Tue Jul 13 09:04:29 2010 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: *Silika Gel SM-1 i
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 59.026
Sensitivity: 50
Peak list:

Position:	3454.17	Intensity:	26.170
Position:	1089.58	Intensity:	34.356
Position:	464.61	Intensity:	42.473
Position:	2361.37	Intensity:	43.393
Position:	1644.82	Intensity:	43.562
Position:	1539.97	Intensity:	51.311
Position:	2499.75	Intensity:	49.136
Position:	1851.66	Intensity:	52.125
Position:	2677.20	Intensity:	47.857
Position:	2854.65	Intensity:	45.554
Position:	3749.02	Intensity:	35.561

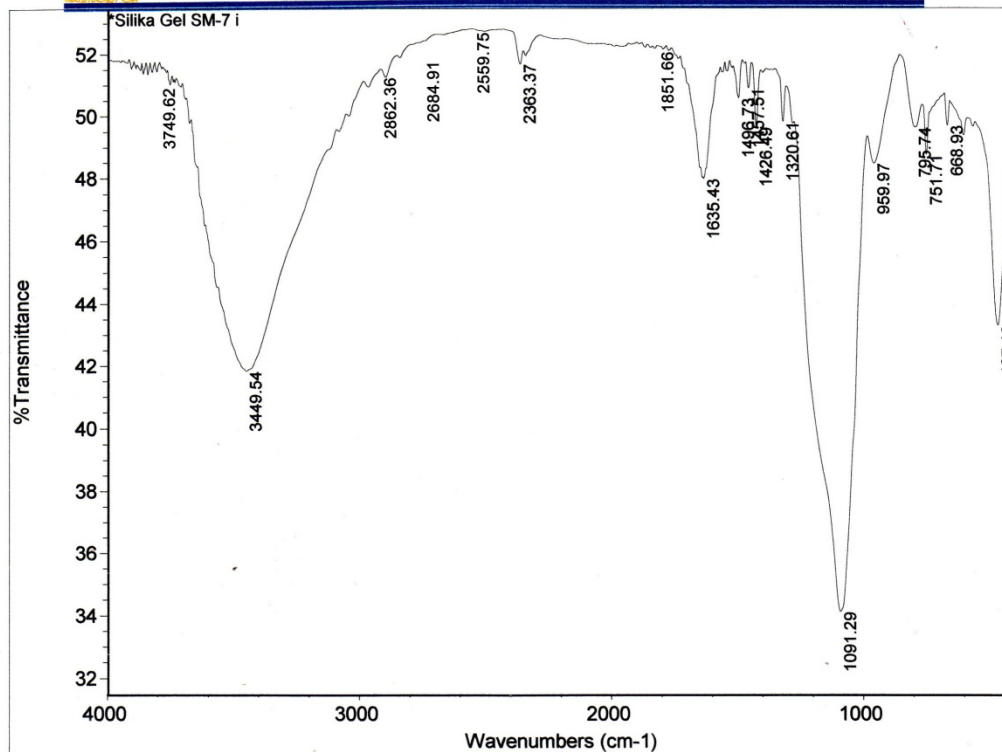


Tue Jul 13 09:01:05 2010 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: *Silika Gel SM-4
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 47.942
Sensitivity: 50
Peak list:

Position:	1092.16	Intensity:	24.426
Position:	3449.51	Intensity:	28.627
Position:	2360.17	Intensity:	32.994
Position:	2338.36	Intensity:	35.468
Position:	468.19	Intensity:	36.235
Position:	1639.41	Intensity:	39.502
Position:	669.71	Intensity:	42.596
Position:	1424.80	Intensity:	44.221
Position:	796.03	Intensity:	44.246
Position:	1851.66	Intensity:	44.125
Position:	2646.34	Intensity:	42.918
Position:	3749.62	Intensity:	39.455
Position:	2862.36	Intensity:	41.498



Tue Jul 13 09:00:10 2010 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: *Silika Gel SM-7 i
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 53.276
Sensitivity: 50
Peak list:

Position: 1091.29	Intensity: 34.114
Position: 3449.54	Intensity: 41.824
Position: 467.10	Intensity: 43.298
Position: 1635.43	Intensity: 47.969
Position: 959.97	Intensity: 48.461
Position: 751.71	Intensity: 48.748
Position: 795.74	Intensity: 49.625
Position: 1426.49	Intensity: 49.624
Position: 668.93	Intensity: 49.682
Position: 1320.61	Intensity: 49.803
Position: 1496.73	Intensity: 50.559
Position: 1457.51	Intensity: 50.881
Position: 2363.37	Intensity: 51.676
Position: 2559.75	Intensity: 52.205
Position: 2862.36	Intensity: 51.55
Position: 1851.66	Intensity: 51.905
Position: 3749.62	Intensity: 50.996
Position: 2684.91	Intensity: 52.201

Lampiran 2

1. Perhitungan Persamaan Garis regresi dan Uji Signifikansi Garis Regresi

Tabel 7. Statistik Dasar Penentuan Persamaan Garis Regresi linear larutan standar Cd(II)

N	X (ppm)	Y (absorbansi)	X ²	Y ²	XY
1	0,2	0,0039	0,04	0,00001521	0,00078
2	0,4	0,0103	0,16	0,00010609	0,00412
3	0,8	0,0444	0,64	0,00197136	0,03552
4	1	0,0667	1	0,00444889	0,0667
5	10	0,3071	100	0,09431041	3,071
Σ	12,4	0,4324	101,84	0,10085196	3,17812

Dari data pada tabel 7 di atas dapat ditentukan persamaan garis regresi linear:

$$Y = aX + b$$

$$a = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Keterangan:

Y = absorbansi larutan standar

X = konsentrasi larutan standar

n = jumlah larutan standar

a = tetapan (intersep)

b = koefisien regresi standar (slope)

$$\begin{aligned}a &= \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \\&= \frac{5(3,17812) - (12,4)(0,4324)}{5(101,84) - (12,4)^2} \\&= \frac{10,52884}{355,44} \\&= 0,0296219896 = 0,0296\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b &= \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \\&= \frac{(0,4324)(101,84) - (12,4)(3,17812)}{5(101,84) - (12,4)^2} \\&= \frac{4,626928}{355,44} \\&= 0,0130174656 = 0,013\end{aligned}$$

$$Y = 0,0296X + 0,013$$

2. Penentuan Signifikansi Korelasi Konsentrasi Larutan Standar Cd(II) dan Absorbansi

Untuk menentukan korelasi antara absorbansi (Y) dan korelasi larutan standar (X) dapat dicari dengan teknik korelasi momen tangkar (korelasi produk momen).

Signifikansi korelasi konsentrasi larutan standar Cd(II) dan absorbansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R \text{ hitung} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$R \text{ hitung} = \frac{5(3,17812) - (12,4)(0,4324)}{\sqrt{[5(101,84) - (12,4)^2][5(0,10085196) - (0,4324)^2]}}$$

$$= \frac{10,52884}{\sqrt{112,7775718}}$$

$$= 0,99144621 = 0,991$$

Berdasar perhitungan di atas dapat diketahui bahwa persamaan garis regresi linear larutan standar Cd(II) adalah $Y = 0,0296 X + 0,013$ dengan $R = 0,991$.

Harga R kemudian dikonsultasikan dengan harga R tabel nilai moment tangkar dengan jumlah data 5 pada taraf signifikansi 1%. Apabila harga R perhitungan lebih besar dari harga R tabel, maka ada korelasi yang signifikan antara konsentrasi larutan standar (X) dengan absorbansi (Y) (J.C Miller dan J.N Miller, 1991: 101-104). R hitung lebih dari harga R tabel. Dengan demikian ada korelasi yang signifikan antara variabel X dan Y. Kurva standar Cd(II) dapat dilihat pada gambar 6.

3. Uji Linearitas Persamaan Garis Regresi linear larutan standar Cd(II)

Uji linearitas regresi digunakan untuk menentukan apakah garis regresi yang diperoleh linear atau tidak. Jika garisnya linear, maka persamaan garis regresi tersebut bermakna antara absorbansi (Y) dengan konsentrasi larutan standar (X).

Untuk menentukan linearitas persamaan garis tersebut dilakukan dengan cara menghitung harga F regresinya. Besarnya F regresi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$JK \text{ reg} = \frac{(\sum XY)^2}{(\sum X^2)}$$

$$JK \text{ res} = \sum Y^2 - JK \text{ reg}$$

$$db \text{ reg} = 1$$

$$db \text{ res} = n - 2$$

$$RJK \text{ reg} = \frac{JKreg}{dbreg}$$

$$RJK \text{ res} = \frac{JKres}{dbres}$$

$$F \text{ hitung} = \frac{RJKreg}{RJKres}$$

Keterangan:

n = banyaknya data keseluruhan

JK = jumlah Kuadrat

RJK reg = rerata jumlah kuadrat regresi

RJK res = rerata jumlah kuadrat residu

db = derajat kebebasan

F reg = harga bilangan F untuk garis regresi

$$\begin{aligned}
 JK \text{ reg} &= \frac{(\sum XY)^2}{(\sum X^2)} \\
 &= \frac{(3,17812)^2}{101,84} \\
 &= \frac{10,10044673}{101,84} \\
 &= 0,0991795633
 \end{aligned}$$

$$db \text{ reg} = 1$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ res} &= \Sigma Y^2 - JK \text{ reg} \\
 &= 0,10085196 - 0,0991795633 \\
 &= 0,0016723967
 \end{aligned}$$

$$db \text{ res} = n - 2$$

$$= 5 - 2$$

$$= 3$$

$$\begin{aligned}
 RJK \text{ reg} &= \frac{JKreg}{dbreg} \\
 &= \frac{0,0991795633}{1} \\
 &= 0,0991795633
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RJK \text{ res} &= \frac{JK_{res}}{db_{res}} \\
 &= \frac{0,0016723967}{3} \\
 &= 0,00055746
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F \text{ hitung} &= \frac{RJK_{reg}}{RJK_{res}} \\
 &= \frac{0,0991795633}{0,00055746} \\
 &= 177,9123166
 \end{aligned}$$

Harga F hitung dikonsultasikan dengan F tabel dengan db pembagi 4 pada taraf signifikansi 1 % yaitu 34,12. Apabila harga F tabel perhitungan lebih besar dari F tabel maka persamaan garis regresi dinyatakan linear sehingga dapat digunakan untuk prediksi (Sutrisno Hadi, 1987:14-21). Harga F hitung lebih besar dari harga F tabel, maka dapat disimpulkan bahwa persamaan garis regresinya adalah linear dan dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi Cd(II) dalam sampel. Nilai F pada taraf 1% dapat dilihat pada Tabel 8 dan nilai R pada taraf 5 % dan 1 % pada Tabel 9.

4. Perhitungan Konsentrasi Cd(II) yang Tak Teradsorpsi (Konsentrasi Cd(II) Akhir)

$$\begin{aligned}
 \text{STM} \quad Y &= aX + b \\
 0,0375 &= 0,0296X + 0,013 \\
 0,0375 - 0,013 &= 0,0296X \\
 X &= 0,8277 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

SM- 1

$$Y = aX + b$$

$$0,0316 = 0,0296X + 0,013$$

$$0,0316 - 0,013 = 0,0296X$$

$$X = 0,62837 \text{ ppm}$$

SM- 4

$$Y = aX + b$$

$$0,0306 = 0,0296X + 0,013$$

$$0,0306 - 0,013 = 0,0296X$$

$$X = 0,59459 \text{ ppm}$$

SM- 7

$$Y = aX + b$$

$$0,0208 = 0,0296X + 0,013$$

$$0,0208 - 0,013 = 0,0296X$$

$$X = 0,26351 \text{ ppms}$$

5. Konsentrasi Cd(II) yang Teradsorpsi

STM = konsentrasi Cd(II) awal – konsentrasi Cd(II) tidak teradsorpsi

$$= 86,5 - 0,8277 = 85,6723 \text{ ppm}$$

SM-1 = konsentrasi Cd(II) awal – konsentrasi Cd(II) tidak teradsorpsi

$$= 86,5 - 0,62837 = 85,87163 \text{ ppm}$$

SM-4 = konsentrasi Cd(II) awal – konsentrasi Cd(II) tidak teradsorpsi

$$= 86,5 - 0,59459 = 85,90541 \text{ ppm}$$

SM-7= konsentrasi Cd(II) awal – konsentrasi Cd(II) tidak teradsorpsi

$$= 86,5 - 0,23649 = 86,23649 \text{ ppm}$$

Peningkatan daya adsorpsi SM-1 = efektifitas adsorpsi SM-1 – STM

$$= 99,273 - 99,043 = 0,230 \%$$

Peningkatan daya adsorpsi SM-4 = efektifitas adsorpsi SM-4 – STM

$$= 99,312 - 99,043 = 0,269 \%$$

Peningkatan daya adsorpsi SM-7 = efektifitas adsorpsi SM-7 – STM

$$= 99,273 - 99,043 = 0,652 \%$$

6. Efektifitas Adsorpsi Silika Gel Abu *Bagasse*

EfektifitasSTM =

$$\frac{\text{konsentrasi Cd(II) awal} - \text{konsentrasi Cd(II) tidak teradsorpsi}}{\text{konsentrasi Cd(II) awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{86,5 - 0,8277}{86,5 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 99,04312 \%$$

efektifitas SM-1 =

$$\frac{\text{konsentrasi Cd(II) awal} - \text{konsentrasi Cd(II) tidak teradsorpsi}}{\text{konsentrasi Cd(II) awal}} \times 100\%$$

$$= 99,27356 \%$$

$$= 99,3126 \%$$

= 99,695 %

Tabel 8. Nilai F pada taraf 5% dan 1%

n2	n1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
	4,052	4,999	5,403	5,625	5,764	5,859	5,928	5,981	6,022	6,056
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,3	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39
	98,49	99,00	99,17	99,25	99,3	99,33	99,34	99,36	99,38	99,40
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78
	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,34	27,23
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96
	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,8	14,66	14,54
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74
	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,15	10,05
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06
	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63
	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7,00	6,84	6,71	6,62
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34
	11,26	8,56	7,59	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,91	5,82
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13
	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35	5,26
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97
	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95	4,85
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,8	2,76
	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,65	4,50	4,39	4,30
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60
	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49
	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,2	4,03	3,89	3,78	3,69
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41
	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,85	3,71	3,60	3,51
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35
	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45	3,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30
	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26
	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,25	3,17
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22
	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,17	3,09
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19
	7,64	5,45	4,57	4,07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,11	3,03
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,16
	7,56	5,39	4,51	4,02	3,7	3,47	3,3	3,17	3,06	2,98

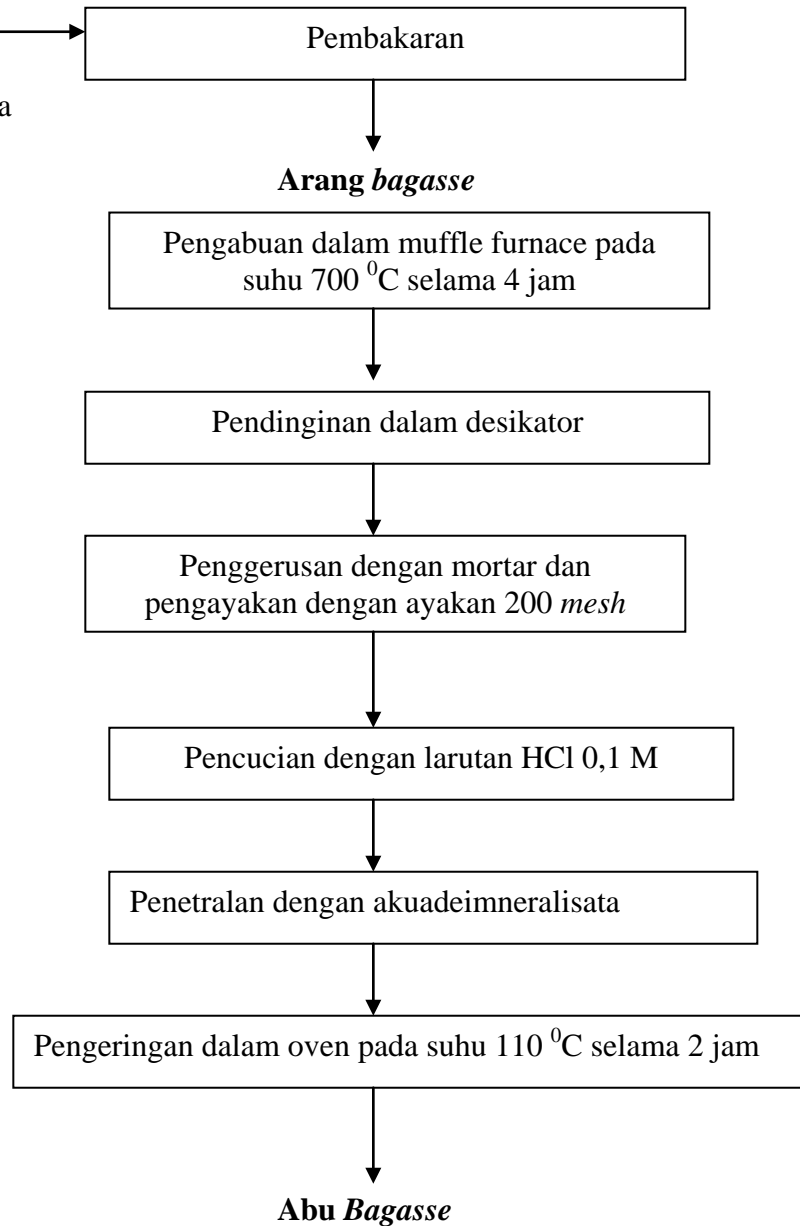
Tabel 9. Nilai R pada taraf 5 % dan 1 %

N	Taraf Signifikasi		N	Taraf Signifikasi	
	5%	1%		5%	1%
3	0,997	0,999	38	0,32	0,413
4	0,95	0,99	39	0,316	0,408
5	0,878	0,959	40	0,312	0,403
6	0,811	0,917	41	0,308	0,398
7	0,754	0,874	42	0,304	0,393
8	0,707	0,834	43	0,301	0,398
9	0,666	0,798	44	0,297	0,384
10	0,632	0,763	45	0,294	0,38
11	0,602	0,735	46	0,291	0,376
12	0,576	0,708	47	0,288	0,372
13	0,553	0,684	48	0,284	0,368
14	0,532	0,661	49	0,281	0,364
15	0,514	0,641	50	0,279	0,361
16	0,497	0,623	55	0,266	0,345
17	0,482	0,606	60	0,254	0,33
18	0,468	0,59	65	0,244	0,317
19	0,456	0,575	70	0,235	0,306
20	0,444	0,561	75	0,227	0,296
21	0,433	0,549	80	0,22	0,286
22	0,423	0,537	85	0,213	0,278
23	0,413	0,526	90	0,207	0,27
24	0,404	0,515	95	0,202	0,236
25	0,396	0,505	100	0,195	0,256
26	0,388	0,496	125	0,176	0,23
27	0,381	0,487	150	0,159	0,21
28	0,374	0,478	175	0,148	0,194
29	0,367	0,47	200	0,138	0,181
30	0,361	0,463	300	0,113	0,148
31	0,355	0,456	400	0,098	0,128
32	0,349	0,449	500	0,088	0,115
33	0,344	0,442	600	0,08	0,105
34	0,339	0,436	700	0,074	0,097
35	0,334	0,43	800	0,07	0,091
36	0,329	0,424	900	0,065	0,086
37	0,325	0,418	1000	0,062	0,091

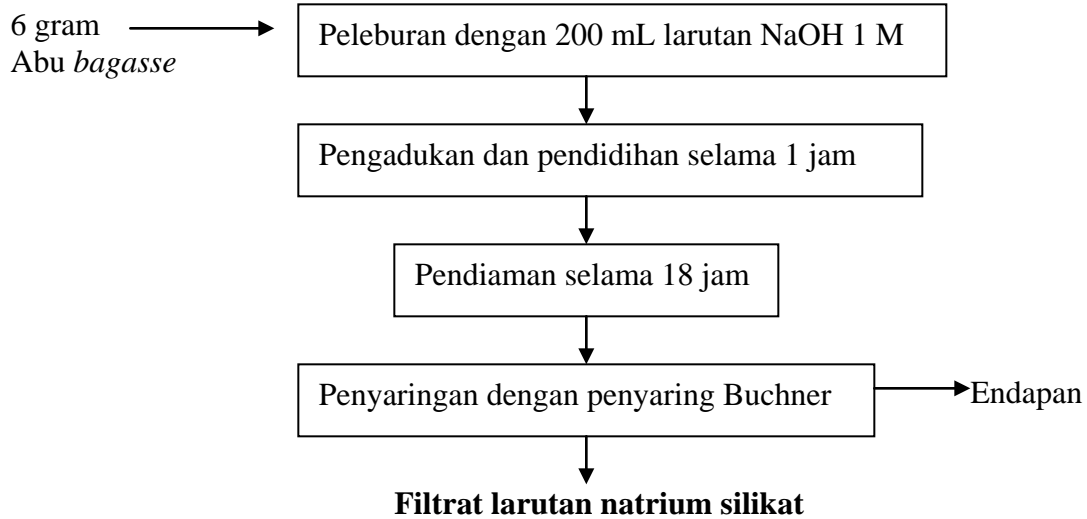
Lampiran 3
Skema Prosedur Penelitian

1. Pengabuan dan Pencucian

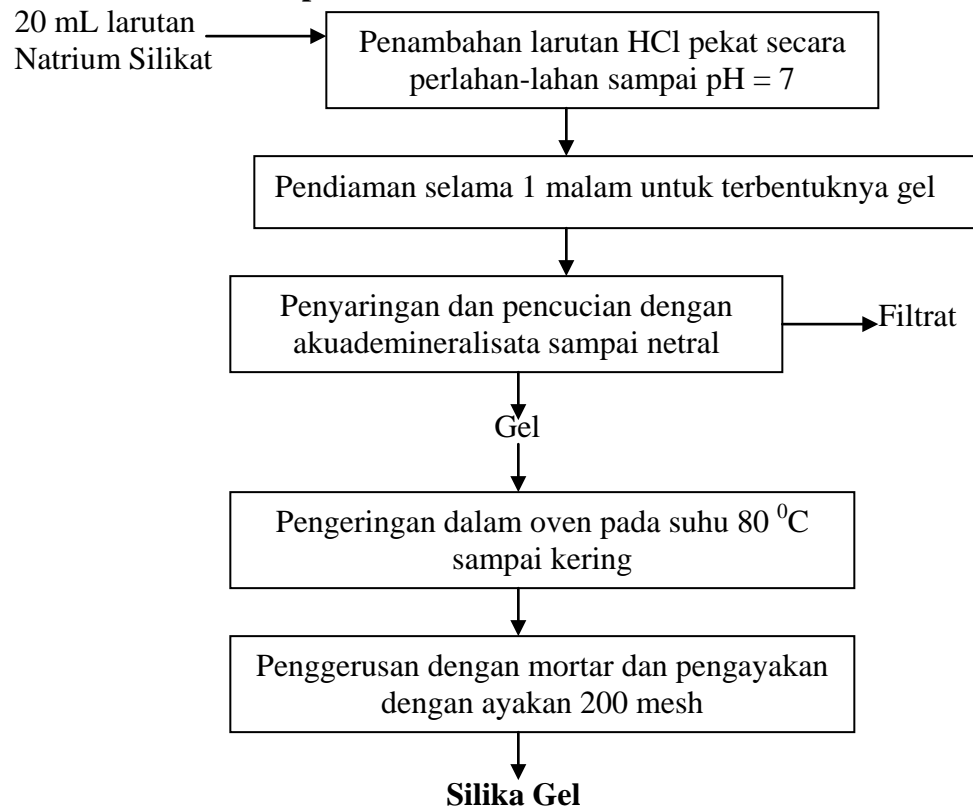
Bagasse
Dari pabrik gula
Madukismo Yogyakarta



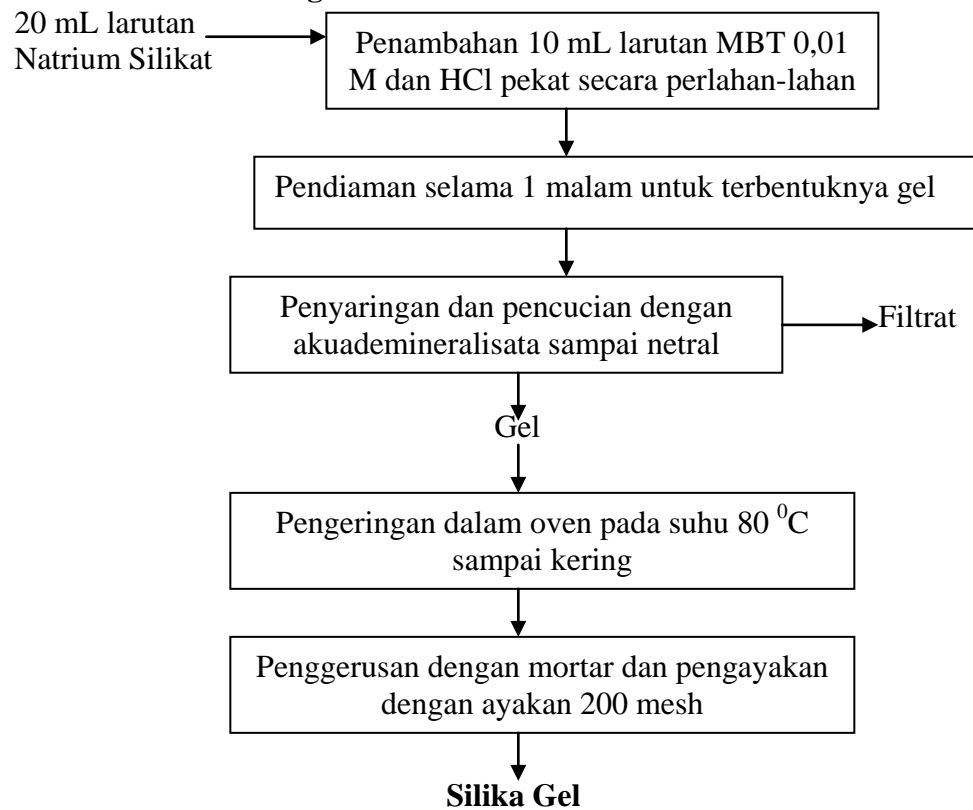
2. Preparasi larutan Natrium Silikat (Na_2SiO_3)



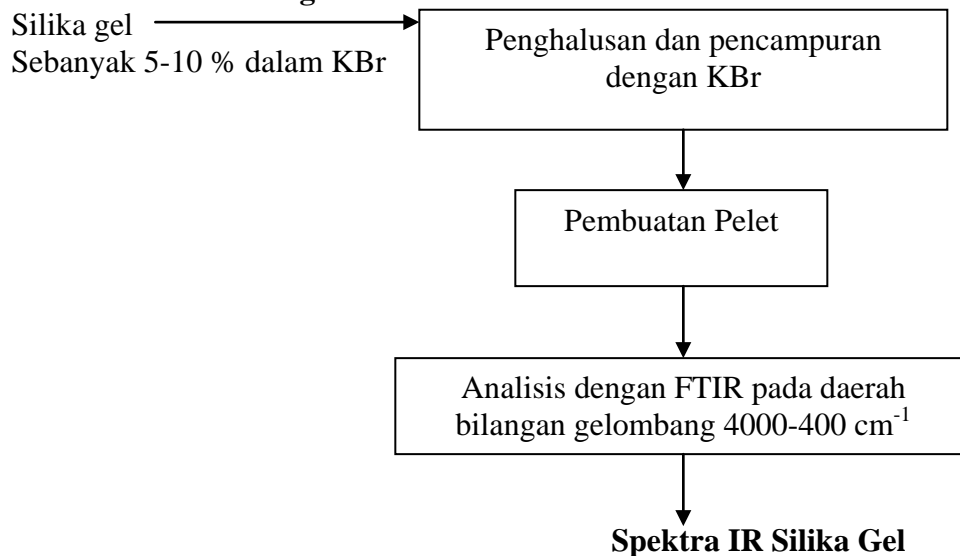
3. Pembuatan Silika Gel tanpa MBT



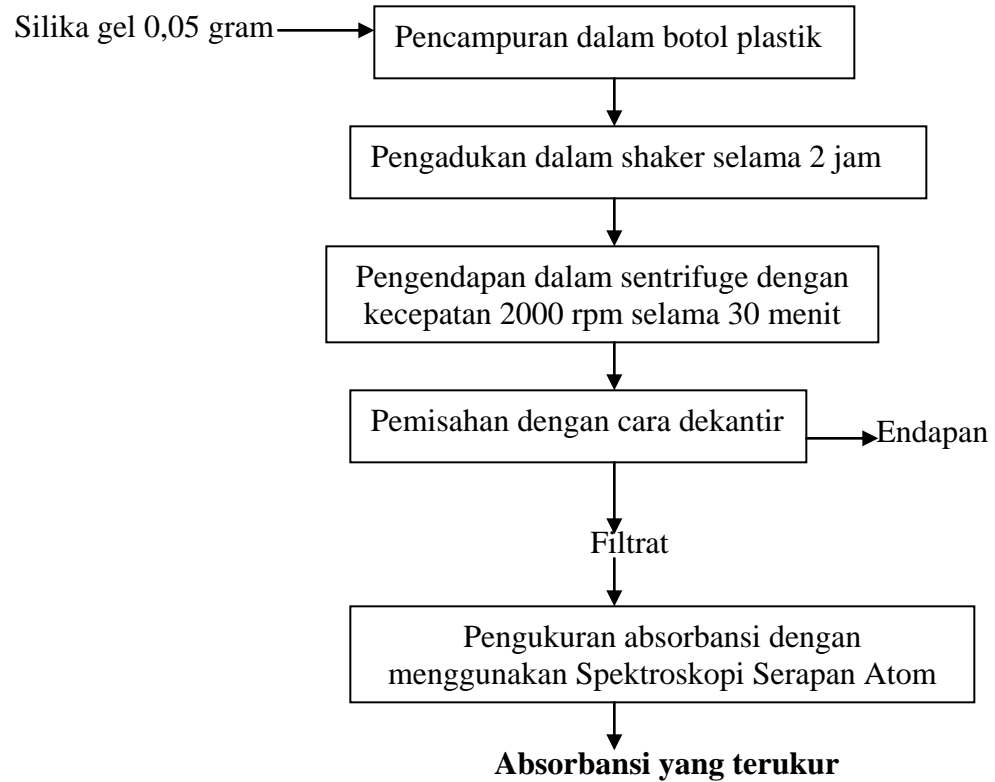
4. Pembuatan Silika Gel dengan Penambahan MBT



5. Karakter Silika Gel dengan Alat FTIR



5. Uji adsorpsi ion logam Cd(II) Tanpa MBT



6. Uji adsorpsi ion logam Cd(II) dengan penambahan MBT

